

9.690/H/04



MINISTERI
INSTRUKSI TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR (KL 1702)

ANALISIS RESPON DINAMIS NJUNGAN HANG TUAH MOgPU DALAM DOMAIN FREKUENSI AKIBAT BEBAN GELOMBANG



RSKe
627.98
Hin
a-1
2004

Oleh :

ALEXIS HINDRADATA
NRP. 4399 100 014

PERPUSTAKAAN
I T S

Tgl. Terima	25 - 02 - 2004
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	219712

**ANALISIS RESPON DINAMIS
JUNGAN HANG TUAH MO_gPU DALAM DOMAIN
FREKUENSI AKIBAT BEBAN GELOMBANG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi Program Sarjana**

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan




Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



ewhere beyond the sea
ewhere waiting for me
over stands on golden sands
watches the ship that go sailing



ABSTRAK

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas analisis terhadap struktur Hang Tuah MOGPU (Moveable Offshore Gas Production Unit) pada kedalaman 1 m. MOGPU ini merupakan sebuah Jack-Up 4 kaki dengan bentuk kaki chord K-brace yang beroperasi di perairan Natuna. Analisis dilakukan dengan analisis dinamis dalam domain frekuensi akibat beban gelombang. Kondisi gelombang yang digunakan adalah kondisi operasional dan badai dalam 8 arah mata angin. Output yang dihasilkan dari analisis dinamis ini adalah frekuensi natural struktur, respon dinamis displacement dan tegangan yang direpresentasikan dalam RAO dan harga-harga ekstrem) dengan berdasarkan pada standar perancangan RP2A WSD 21 ed. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diketahui frekuensi natural struktur Hang Tuah MOGPU sebesar 1.41347 rad/sec. Nilai tersebut berada pada range frekuensi gelombang (0.521 rad/sec s/d 2.073 rad/sec), sehingga efek dinamis struktur menjadi signifikan. Nilai displacement ekstrem yang mungkin terjadi dengan gelombang terlampaui sebesar 1% untuk kondisi operasional adalah sebesar 0.00151 m untuk surge (arah 'X') akibat eksitasi arah gelombang 0° (Barat) dan 0.00154 m untuk kondisi badai dalam arah sway (arah 'Z') akibat eksitasi arah gelombang 90° (Utara). Nilai displacement ini masih di bawah displacement maksimum yang diijinkan untuk struktur jack-up, yaitu sebesar 5% kedalaman air. Nilai tegangan ekstrem yang mungkin terjadi dengan gelombang terlampaui sebesar 1% untuk kondisi operasional adalah sebesar 57.14 N/mm² akibat eksitasi arah gelombang 270° (Selatan) dan 57.79 N/mm² untuk kondisi badai akibat eksitasi arah gelombang 90° (Utara). Besar tegangan yang mungkin terjadi pada struktur Hang Tuah MOGPU baik untuk kondisi operasional maupun badai masih di bawah tegangan ijin desain material sebesar 199.95 N/mm². Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan sebagai salah satu syarat penggunaan lepas pantai dapat terpenuhi untuk struktur Hang Tuah MOGPU meskipun getaran yang terjadi akibat eksitasi gelombang ketika struktur beroperasi akan sangat terasa mengingat range frekuensi respon

KATA PENGANTAR

alammu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunianya kepada penulis, serta terima kasih kepada pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segenap kemampuan yang penulis miliki. Tugas Akhir ini berjudul **"Analisis Respon Dinamis Rangkaian Hang Tuah MOgPU Dalam Domain Frekuensi Akibat Beban Gelombang"**.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas akhir ini menganalisis respon dinamis dari Rangkaian Hang Tuah MOgPU karena pengaruh beban gelombang. Rangkaian Hang Tuah ini termasuk dalam jenis struktur *jack-up* dengan kaki dengan tipe 3 *chord K-brace* yang berlokasi di perairan Natuna pada kedalaman 83.1 m. Berdasarkan hasil analisis, maka dapat diketahui seberapa besar frekuensi natural dan respon struktur yang meliputi *displacement* dan tegangan yang direpresentasikan dalam RAO dan gaya-gaya ekstrem akibat pengaruh beban gelombang.

"Tiada gading yang tak retak" kiranya tepat untuk buah karya ini. Penulis menyadari dalam melakukan penelitian ini masih belum sempurna. Maka dari itu, penulis mohon maaf atas segala

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung baik bimbingan moral maupun fisik. Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis; **Mama Yanuwati Syamsi Dhucha** dan **Papa Alex Hindarta**, atas kasih sayang yang tulus ikhlas dan tidak dapat tergantikan serta apa yang sudah dilakukan untuk anakmu ini, terima kasih mas belum bisa membalas semuanya, hanya buah karya ini yang dapat mas persembahkan.....
2. Adik-adikku; **Ricky, Ronald, Dede**, thanks... kalian adalah semangat mas untuk terus berjuang... buatlah mama dan papa bangga, mas kangen dengan canda tawa kalian.....
3. *My fiance*, **Milka “NENK” Indrawaty** yang menjadi bagian hidupku, terima kasih atas kasih sayang, pengertian serta kesabaran yang engkau berikan....
4. **Ir. Imam Rochani, M.Sc.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan, FTK – ITS Surabaya.
5. **Dr. Ir. Handayanu, M.Sc.**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan, FTK – ITS Surabaya.
6. **Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.**, selaku Dosen Pembimbing I dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. **Ir. Rudi Waluyo Prastianto, MT**, selaku Dosen Pembimbing II

10. **Ir. Vincentius Rumawas, S.Psi**, thanks masukan dan omelannya, nyelam yuk
11. **Michael H. Swanger, Ph.D.**, -Senior Research Engineer Georgia Tech. CASE Center (GTStrudl)- atas bimbingan “special” jarak jauh dalam pemodelan GTStrudl.
12. **Keluarga besar Menur 17 & Keluarga besar M. Tohid** atas pengertian, dorongan, omelannya....jangan bosan-bosan....dan telah menjadi “orang tua” penulis selama jauh dari mama papa.
13. **Mak.....**thanks telah rela menjadi “ibu”, matur suwun atas wejangan dan omelan yang selalu mak berikan...
14. **Keluarga Cianjur**: Papap Hendi, Mama Ery, Teteh Reni, Aa’ Ivan, Teh Dewi, terima kasih buat pengertiannya...
15. **SPHOKS...(Bjo, Camat, Embhul, Ndut, Nina, Pio)**, makasih buat semangat, kasih sayang kalian, serta persaudaraan selama ini...semoga kita tetap seperti ini....
16. **Komunitas malam...**(Skatriyo, Vikri, Rohmat, Ferry, Breh, Itop, Gempur, Fahmi, Sigit, Doffy, Vian, Rouf, Medi, Iwan, Jeni, Ali, Punk) buat cangkruk dan ketawa kalian
17. **Komunitas Opres...**(P’Mur, P’Vincent, P’Rudi, P’Sol, Mas Slamet, DS, Suyut, Tedy, Mamad, Budi, Monyet, Fajar, Aan, Joko, Breh, Ferry) buat kerja ... pengertian ... semangat ... sharing ...
18. **Rekan-rekan seperjuangan tugas akhir (TA) :**
Dain, Yosi, Daffi, Ferry, Imam, Amin, Cecep, Sindhu, Udin, Agus, Budi98, Dony, Mamah, Ana, Willy, Zaky, Lidya, Vikri, Denok, Lucky, Hambali, Yudha, Budi99, Panggi, Yusuf, Anto, ...dll) inilah perjuangan kita

20. **Komunitas UK OR. AIR ITS: anak dayung**...ayo dayung lagi di kayoon....; **anak selam**....let's go to the DEEP....
21. **Fahmi**...kemana kamu...ayo jalan-jalan lagi....; **Miil**...kapan ngobrol lagi....; **Erfan**...cepat lulus...; **Tedy**....mau curhat lagi...; **Ide**...curhat dong...duet naik gunung lagi yuk...
22. Rumanto,Hendrik,Ondy...thanks ilmu strudl-nya, Awang, Pradin, Sinaga,Rizal,Carcie,Meisy, Titin,Dyan,Timbul,Siswo,Arko,Dyah,Indah,Iza,Gojel,Tya,Yuki,Cristin,Faruk,Hari,Fernas,Iwan,Mbud,Retno,Arko,Ristia,singo,uton,hary96....thanks buat sharingnya....
23. Marwan,Alin,Melly,Tyas,Santi,Ririn,Rois,Hadi,Qosrul,Zaenal,Rony, Memed,Jainul,wiwit,ari,Fardian,Fuad,Ipeh,Darma,Agus,Rini,Weni,Puguh,Hendra,Piter,Abi,Hary,Arga,Rukmanul,Bagus,Eryk,Ragil,Endro,Cristian,Ipong,Dody,Topan.....makasih.....buat semuanya selama ini.....
24. **Warga Kelautan**....semuanya terima kasih....semarakkan dunia kelautan...
25. **Adik kelas** ... thanks atas keceriaan kalian ☺ ... depe,santi,prasida,sita,derita,dely,maulid,lilik,cukong,friska,black,santi,abe,zaky,asop,wilna,mel,adik-adik 2001, 2002, temenku catur ... thanks yaa ...
26. P'Teguh, Bu Nur, Pras, Arif, Koko, Cak No, Cak Ri, P'Daud,Mas Aries,Suhud.....makasih....
27. M'Rima,Alex,Lia,Risa,Deny,Naning,M'lisa,Tunah,Linda,Henot,Nent, Diol,Alit,Singgih,Benjol,Kiki,Eko,Meong,Ageng...thanks...
28. **Ikan-ikanku** yang selalu setia menghibur hati kalo lagi stress.

DAFTAR ISI

aman Judul

bar Pengesahan

trak

a Pengantar

ar Isi

ar Gambar

ar Tabel

3 I	PENDAHULUAN	I-1
1.1.	Latar Belakang Masalah	I-1
1.2.	Perumusan Masalah	I-4
1.3.	Tujuan	I-4
1.4.	Manfaat	I-4
1.5.	Batasan Masalah	I-5
1.6.	Metodologi Penelitian	I-6
1.7.	Sistematika Penulisan	I-9

2.2.1.1. Prosedur Perancangan Struktur	
<i>Jack-Up</i>	II-5
2.2.1.2. Konstruksi Kaki <i>Jack-Up</i>	II-6
2.2.1.3. Kriteria Perancangan Bentuk Kaki	
<i>Jack-Up</i>	II-7
2.2.2. Teori Gelombang	II-10
2.2.2.1. Teori Gelombang Stokes Orde 5	II-11
2.2.2.2. Gaya Gelombang pada Silinder	
Tegak	II-15
2.2.2.3. Gaya Gelombang pada Silinder	
Miring	II-17
2.2.2.4. Teori Spektrum Gelombang	
JONSWAP	II-20
2.2.3. Teori Pembebanan	II-21
2.2.4. Teori Pemodelan Struktur	II-23
2.2.4.1. Pemodelan secara Umum	II-23
2.2.4.2. Pemodelan dengan Metode Elemen	
Hingga	II-24
2.2.4.3. Pemodelan Struktur <i>Jack-Up</i>	II-25

2.2.6.2. Konsep Metode Elemen Hingga	
dalam Analisis Dinamis	II-30
2.2.6.3. Persamaan Gerak MDOF	II-33
2.2.6.4. Prosedur Perhitungan Lendutan	
pada Struktur	II-35
2.2.6.5. Pendiskritan dari Sistem yang	
Dianalisis	II-35
2.2.7. <i>Dynamic Amplification Factor</i>	II-36
2.2.8. Tegangan	II-39
2.2.8.1. Tegangan Normal	II-39
2.2.8.2. Tegangan Geser	II-41
2.2.8.3. Kriteria Tegangan Ijin	II-42
2.2.9. <i>Response Spectra</i>	II-45
2.2.9.1. <i>Response Amplitudo Operator</i>	II-45
2.2.9.2. <i>Linier Response Spectra</i>	II-46
3 III PEMODELAN STRUKTUR DAN PEMBEBANAN	III-1
3.1. Umum	III-1
3.2. Pengumpulan Data	III-3

3.4.	Pemodelan Beban	III-11
3.4.1.	Pemodelan Beban Vertikal	III-11
3.4.2.	Pemodelan Beban Dinamis	III-13
3.4.2.1.	Penentuan Teori Gelombang	III-15
3.4.2.2.	Perhitungan Beban Gelombang	III-15
3.4.2.3.	Perhitungan Spektra Gelombang	III-16
3.5.	Analisis Pemodelan Struktur	III-16

B IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN IV-1

4.1.	Analisis Hasil	IV-1
4.1.1.	Frekuensi Natural	IV-1
4.1.2.	Analisis Respons Dinamis dalam Domain	
	Frekuensi	IV-2
4.1.2.1.	<i>Displacement</i>	IV-3
4.1.2.1.1.	<i>Displacement</i> pada Kondisi	
	Operasional	IV-3
4.1.2.1.2.	<i>Displacement</i> pada Kondisi	
	Badai	IV-11
4.1.2.2.	Tegangan	IV-18

B V	PENUTUP	V-1
5. 1.	Kesimpulan	V-1
5. 2.	Saran	V-3

tar pustaka

mpiran

Lampiran A	Lembar Konsultasi
Lampiran B	Output Data
Lampiran C	Perhitungan Spektra JONSWAP
Lampiran D	Perhitungan RAO
Lampiran E	Perhitungan Respon Spektra
Lampiran F	Perhitungan Nilai Ekstrem
Lampiran G	Gambar

DAFTAR GAMBAR

ambar 1.1.	Struktur Hang Tuah MOgPU (ACE MOgPU for West Natuna, Doc. 84502-5000-6D-01-0)	I-3
ambar 1.2.	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	I-8
ambar 2.1.	Konstruksi <i>Chord</i> Tipe MSC/FRIDE Goldman-Chord (Murdjito, 1997)	II-9
ambar 2.2.	Konstruksi <i>Chord</i> Tipe Gusto Chord (Murdjito, 1997)	II-9
ambar 2.3.	Grafik <i>Region of Validity</i> (API RP 2A WSD 21 ed, 2002)	II-11
ambar 2.4.	Gaya Gelombang pada Silinder Tegak (Dawson, 1976)	II-17
ambar 2.5.	Orientasi Arah Gaya Gelombang pada Silinder Miring (Dawson, 1976)	II-18
ambar 2.6.	Skema Dasar Analisis Getaran (Craig, 1981)	II-29
ambar 2.7.	Model Penyusunan Matrik Kekakuan	II-32
ambar 2.8.	Pembebanan Aksial pada Batang Tubular (Popov, 1993)	II-39

ambar 3.2.	Model Detail Struktur Hang Tuah MOgPU	III-8
ambar 3.3.	Model <i>Chord</i> (3 <i>Chord</i>) Struktur Hang Tuah MOgPU	III-9
ambar 3.4.	Model <i>Brace</i> (K- <i>Brace</i>) Struktur Hang Tuah MOgPU	III-9
ambar 3.5.	Orientasi Arah Gelombang dalam Pemodelan	III-14
ambar 4.1.	Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat (0^0)	IV-3
ambar 4.2.	Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat Laut (45^0)	IV-4
ambar 4.3.	Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Utara (90^0)	IV-4
ambar 4.4.	Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Timur Laut (135^0)	IV-5
ambar 4.5.	Spectra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Timur (180^0)	IV-5
ambar 4.6.	Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Tenggara (225^0)	IV-6
ambar 4.7.	Spectra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang	

dengan Probabilitas 62.3%	IV-9
ambar 4.10. Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional dengan Peluang Tidak Terlampaui 99%	IV-9
ambar 4.11. Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional dengan Peluang Tidak Terlampaui 95%	IV-10
ambar 4.12. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Barat (0^0)	IV-11
ambar 4.13. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Barat Laut (45^0)	IV-11
ambar 4.14. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Utara (90^0)	IV-12
ambar 4.15. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Timur Laut (135^0)	IV-12
ambar 4.16. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Timur (180^0)	IV-13
ambar 4.17. Spektra <i>Displacement</i> akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Tenggara (225^0)	IV-13

ambar 4.20. Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Probabilitas 62.3%	IV-16
ambar 4.21. Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Peluang Tidak Terlampaui 99%	IV-16
ambar 4.22. Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Peluang Tidak Terlampaui 95%	IV-17
ambar 4.23. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat (0^0)	IV-18
ambar 4.24. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat Laut (45^0)	IV-18
ambar 4.25. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Utara (90^0)	IV-19
ambar 4.26. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Timur Laut (135^0)	IV-19
ambar 4.27. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang	

ambar 4.30. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat Daya (315^0)	IV-21
ambar 4.31. Nilai Tegangan Ekstrem akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%	IV-23
ambar 4.32. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Barat (0^0)	IV-24
ambar 4.33. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Barat Laut (45^0)	IV-24
ambar 4.34. Spectra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Utara (90^0)	IV-25
ambar 4.35. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Timur Laut (135^0)	IV-25
ambar 4.36. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Timur (180^0)	IV-26
ambar 4.37. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Tenggara (225^0)	IV-26
ambar 4.38. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang	

Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99% IV-29

mbar 4.41. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban

Gelombang pada Kondisi Operasional untuk Arah

Surge 'X' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang

Tidak Terlampaui 95% dan 99% IV-31

mbar 4.42. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban

Gelombang pada Kondisi Operasional untuk Arah

Heave 'Y' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang

Tidak Terlampaui 95% dan 99% IV-31

mbar 4.43. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban

Gelombang pada Kondisi Operasional untuk Arah

Sway 'Z' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang

Tidak Terlampaui 95% dan 99% IV-32

mbar 4.44. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban

Gelombang pada Kondisi Badai untuk Arah Surge

'X' dengan Probabilitas 62.3%, 99%, 95% IV-32

mbar 4.45. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban

Gelombang pada Kondisi Badai untuk Arah Heave

'Y' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak

DAFTAR TABEL

bel 3.1.	Data <i>Anodes (Cathodic Protection)</i>	III-3
bel 3.2.	Ukuran <i>Chord</i> (gambar 3.3) Struktur Hang Tuah	
	MOgPU	III-4
bel 3.3.	Data Gelombang	III-5
bel 3.4.	Desain <i>Water Depth</i>	III-6
bel 3.5.	Data Koefisien Hidrodinamis	III-6
bel 3.6.	Data <i>Marine Growth</i>	III-6
bel 3.7.	Data Beban <i>Payload</i> (Vertikal)	III-12
bel 3.8.	Beban Vertikal untuk Perhitungan Frekuensi Natural	III-12
bel 3.9.	Beban Vertikal untuk Analisis pada Kondisi	
	Operasional	III-13
bel 3.10.	Beban Vertikal untuk Analisis pada Kondisi Badai	III-13
bel 3.11.	<i>Added Mass</i> Struktur Hang Tuah MOgPU	III-14
bel 4.1.	Frekuensi Natural dan Periode Natural Struktur Hang	
	Tuah MOgPU dalam 10 <i>Mode Shape</i>	IV-2
bel 4.2.	Nilai <i>Displacement</i> Ekstrem yang Mungkin Terjadi	

bel 4.4.	Nilai Tegangan Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%	IV-22
bel 4.5.	Nilai Tegangan Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi Badai dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%	IV-28

*st be happy....
d get as much
nowledge as you can
s knowledge
at makes you an interesting person,"*



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Seiring dengan semakin banyaknya penemuan ladang minyak dan bumi di areal lepas pantai Indonesia pada saat ini yang cenderung mengarah ke perairan dalam, maka perkembangan rancang bangun struktur anjungan lepas pantai juga semakin mengarah pada keandalan struktur terhadap kondisi laut yang ganas. Untuk fasilitas pengeboran, *jack-up platform* merupakan anjungan lepas pantai yang hingga sekarang paling banyak dipakai guna keperluan tersebut, meskipun pada perkembangan selanjutnya fungsinya bisa meluas seperti menjadi anjungan operasi pengolahan minyak.

Dilihat pada konsep perancangannya, sebenarnya *jack-up platform* yang disebut juga "*Self Elevated Platform Barge*" akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan anjungan terapung lain seperti *submersible* ataupun *drilling ship*. Hal ini dapat terjadi karena pada waktu operasi kaki-kakinya akan terpancang pada dasar laut

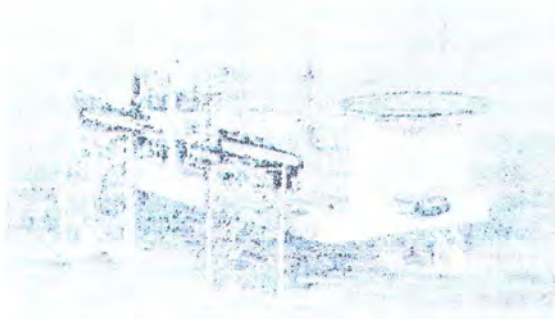
gan anjungan yang terpancang (*jacket*), *jack-up* ini memiliki kelebihan yaitu dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi yang lain (Sardjito, 1997).

Pemahaman akan perkembangan perancangan (*conceptual design*) struktur *jack-up* yang telah ada merupakan hal penting bagi perancang. Hal ini dimaksudkan agar perancang dapat menciptakan suatu perancangan baru yang inovatif dan kompetitif dalam aspek operasional. Metodologi dan prosedur teknis perancangan *jack-up* masih perlu menyempurnakan lagi dengan memasukkan kompleksitas dari sistem (Sardjito, 1993).

Keistimewaan dan inti kekuatan struktur *jack-up* pada kondisi operasi terletak pada struktur kaki yang memakai tipe tertutup atau tipe terbuka. Pada struktur rangka (*truss type*), kekuatan konstruksi juga bergantung pada jumlah *chord* dan bentuk *brace*, baik horizontal maupun diagonal. Pengaruh kondisi lingkungan, terutama beban hidrodinamis sangat mempengaruhi perilaku struktur *jack-up*. Oleh sebab itu untuk mendapatkan hasil yang dapat merepresentasikan keadaan yang sebenarnya maka perlu dilakukan suatu analisis dinamis. Hal ini diperlukan karena beban yang bekerja pada struktur adalah beban

ergi yang cukup signifikan (periode 4 – 5 detik dan di atasnya). Oleh
ena periode *jack-up* lebih besar dari 3 detik maka analisis dinamis pada
struktur *jack-up* menjadi hal sangat penting (Boswell, 1987).

Studi kasus yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Hang
ah MOgPU Platform. MOgPU (*Moveable Offshore Gas Production Unit*)
upakan struktur *jack-up*, tetapi struktur ini tidak mempunyai system
lashing (suatu system yang berfungsi untuk menaik-turunkan kaki dan
adak). Struktur Hang Tuah MOgPU ini merupakan *jack-up* 4 kaki
gan bentuk kaki 3 *chord* type K-brace yang beroperasi di daerah
airan Natuna pada kedalaman 83.1 m.



Perumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang pengaruh beban dinamis yang bekerja pada struktur *jack-up*, maka perumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Berapa besar frekuensi natural struktur Hang Tuah MOgPU ?
2. Bagaimana respon dinamis (tegangan dan *displacement* yang direpresentasikan dalam RAO) struktur Hang Tuah MOgPU akibat beban gelombang yang bekerja ?

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mendapatkan frekuensi natural struktur Hang Tuah MOgPU.
2. Untuk mendapatkan respon dinamis (tegangan dan *displacement* yang direpresentasikan dalam RAO) dan harga-harga ekstrem untuk dipertimbangkan dalam perancangan dan operasi struktur Hang Tuah MOgPU terhadap beban gelombang yang bekerja.

Manfaat

Dari hasil analisis yang akan dilakukan akan menghasilkan

Batasan Masalah

Untuk mendapatkan tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini

perlu dilakukan pembatasan masalah, yang meliputi:

Sebagai studi kasus digunakan struktur Hang Tuah MOgPU milik Conoco Indonesia Inc. Ltd. dengan kondisi:

- Struktur *jack-up* 4 kaki dan kaki dianggap terpancang dengan tumpuan fixed.
- Type kaki yang digunakan *3-chord*.
- Type *brace* yang digunakan adalah *K-bracing*.
- Lokasi struktur berada di perairan Natuna dengan kedalaman 83.1 m.

Bentuk geladak dianggap *rigid body*.

Beban pada geladak dianggap terpusat pada titik berat geladak dan beban terbagi merata pada setiap kaki *jack-up*.

Analisis dilakukan menggunakan *frequency domain analysis*.

Beban yang bekerja pada struktur adalah beban operasional (*payload*) dan beban lingkungan (beban gelombang pada kondisi operasional dan kondisi badai).

Perhitungan ini hanya untuk kondisi *steady state* (beban gelombang

Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

Pengumpulan data struktur dan data lingkungan

Pengumpulan data struktur Hang Tuah MOgPU meliputi dimensi, material, berat dan konfigurasi struktur. Sedangkan pengumpulan data lingkungan meliputi data gelombang yang nantinya digunakan sebagai perhitungan beban dinamis.

Pemodelan struktur Hang Tuah MOgPU

Pemodelan awal, yaitu memodelkan struktur dengan menggunakan *software* GT Strudl sesuai data yang tersedia.

Mendapatkan frekuensi natural struktur dan *mode shape* dari hasil pemodelan struktur Hang Tuah MOgPU. Frekuensi natural struktur ini dihitung dengan menggunakan bantuan *software* GT Strudl

berdasarkan persamaan dasar frekuensi natural, $\omega_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Pemodelan Beban Dinamis

Melakukan pembebanan akibat beban gelombang yang bekerja pada struktur dengan bantuan *software* GT Selos. Beban gelombang dalam kondisi operasional dan kondisi badai dalam arah yang telah

nonlinear diubah ke bentuk linear dengan memperhitungkan *dynamic amplification factor* (DAF).

Respon struktur

Setelah dilakukan analisis, maka didapatkan respon dinamis struktur yang direpresentasikan dalam bentuk respon spektra dengan variabel :

- *Displacement* (secara *global system*)
- Tegangan pada joint kritis

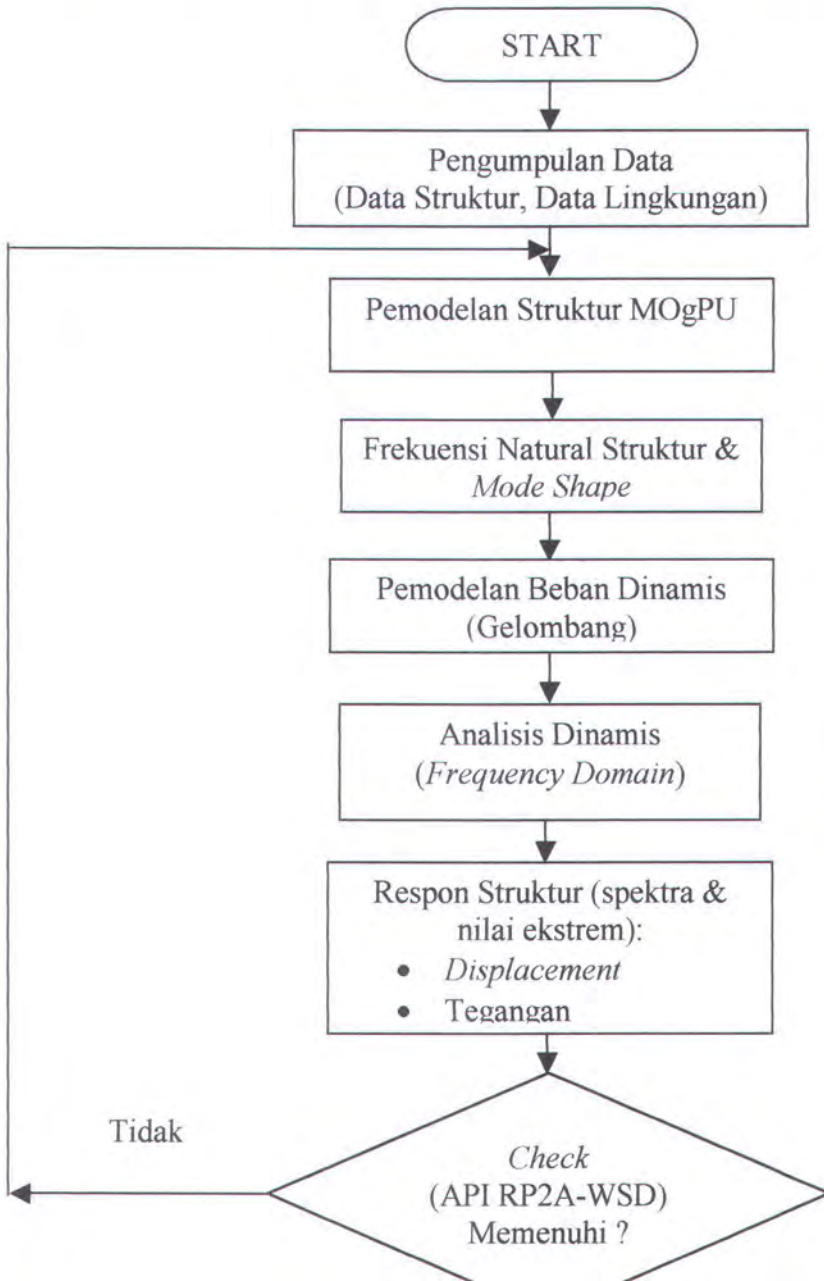
Check respon dinamis struktur dengan standart API RP2A-WSD

Dari respon dinamis struktur yang didapatkan, maka dilakukan cek ulang berdasarkan standart API RP2A-WSD. Jika sesuai maka diteruskan ke langkah selanjutnya, yaitu mencari harga-harga ekstrem untuk dipertimbangkan dalam perancangan dan operasi struktur. Jika tidak maka harus dilakukan pemodelan ulang struktur dan beban dinamis.

Kesimpulan

Mendapatkan frekuensi natural struktur dan respon struktur dari hasil analisis dinamis dengan *frequency domain*, sehingga didapatkan kesimpulan atas perilaku struktur pada kondisi lingkungan

Diagram alir pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

B I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang dilakukan, permasalahan, tujuan yang akan dicapai, manfaat, asan-batasan masalah dan metodologi penelitian serta sistematika penulisan laporan yang dipakai dalam tugas akhir ini.

B II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang struktur bangunan lepasantai yang pernah dilakukan. Selain itu juga berpedoman pada dasar teori khususnya tentang *jack-up platform*. Dasar teori yang digunakan antara lain dasar-dasar perancangan *jack-up* dan beban dinamis, teori ombang, ketentuan dan peraturan mengenai struktur yang direkomendasikan oleh API RP2A-WSD 21 ed.

B III PEMODELAN STRUKTUR DAN PEMBEBANAN

Bab ini menerangkan tentang pemodelan struktur secara

dan teori perhitungan yang telah ditentukan. Pemodelan ini mengacu pada peraturan yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir, yaitu API RP2A-WSD 21 ed.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang pengaruh beban gelombang yang bekerja terhadap struktur dan respon dinamis (tegangan dan *displacement* yang direpresentasikan dalam bentuk respon spektra) yang dihasilkan. Hasil ini didapat dengan bantuan software GT Strudl berdasarkan standart perancangan API RP2A-WSD 21 ed. Berdasarkan respon spektra yang didapat, maka dapat dicari besar harga-harga ekstrem yang terjadi dengan peluang terjadinya sebesar 62.3% serta peluang terlampaui sebesar 1% dan 5%.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penulisan tugas akhir serta saran penyelesaian permasalahan untuk penelitian lebih lanjut.

*y yang paling membahagiakan adalah
hat memberikan sebagian
ri apa yang kita miliki*



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Proses perancangan menurut Rosyid (1996), merupakan proses berulang dan berlangsung secara kontinyu sesuai dengan spiral perancangan. Salah satu yang menjadi tahapan penting dalam spiral perancangan tersebut adalah pengembangan konsep analisa struktur bangunan lepas pantai yang meliputi jenis, tata letak, dan geometri struktur. Pemilihan konsep struktur merupakan tahapan pertama yang sangat penting bagi keberhasilan struktur anjungan dalam menjalani fungsinya.

Perkembangan teknologi di bidang bangunan lepas pantai melaju pesat. Ini dibuktikan dengan adanya berbagai jenis *offshore structure* di lepas pantai yang berfungsi sebagai *production platform*, *wellhead platform* maupun kombinasi antara keduanya. Munculnya struktur-struktur yang lebih memiliki teknologi yang lebih baik meningkatkan hasil eksplorasi yang lebih berkualitas dan pengoperasiannya lebih ekonomis.

Jack-up platform merupakan kombinasi konsep antara anjungan terpancang (*fixed offshore platform*) dan anjungan terapung (*floating offshore platform*). Kombinasi struktur ini diharapkan dapat memadukan keunggulan dari masing-masing struktur seperti *jacket steel structure* dan *semi submersible*. Ini dikarenakan pada fase transportasi *jack-up* berada dalam kondisi terapung sedangkan pada fase operasi *jack-up* dalam kondisi terpancang dengan kedalaman perancangan sekitar 1 m di atas geladak dan bangunan atas ditopang oleh kaki-kakinya berada pada ketinggian yang tidak dijangkau oleh gelombang. Hal ini menjadikan *jack-up* pada waktu operasional lebih stabil bila dibandingkan dengan anjungan terapung dan lebih mudah untuk ditransportasi karena dalam kondisi terapung dibanding bangunan terpancang (Murdjito, 1997).

Jack-up platform merupakan anjungan lepas pantai yang sampai sekarang ini paling banyak digunakan untuk pengeboran sumur-sumur minyak. Cara dalam pengoperasian minyak sangatlah bervariasi. Lama pengoperasian *jack-up platform* tidak menentu, bisa saja dia hanya beroperasi dalam jangka waktu satu minggu atau beberapa bulan hingga beberapa tahun. Jangka waktu ini bergantung pada jenis pengoperasian yang dilakukan, apakah dia sebagai anjungan produksi, anjungan

Pengaruh kondisi lingkungan, terutama beban hidrodinamis, yaitu beban yang disebabkan karena beban luar sangat penting mempengaruhi perilaku struktur *jack-up*. Pengaruh beban dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur tersebut berupa terjadinya deformasi yang serius pada struktur *jack-up* atau stabilitas *jack-up* yang terlalu rendah. Oleh sebab itu untuk mendapatkan hasil yang dapat merepresentasikan keadaan yang sebenarnya maka dilakukan suatu analisis dinamis. Hal ini diperlukan karena beban yang bekerja pada struktur adalah beban dinamis yang berubah terhadap waktu.

Hal yang lebih penting, *jack-up* memiliki kekakuan lateral yang sangat kecil, seiring dengan bertambahnya kedalaman laut. Periode natural *jack-up* cukup besar dan mulai melebihi batas pada periode gelombang dengan energi yang signifikan (periode 4 – 5 detik dan di atasnya). Oleh karena periode *jack-up* lebih besar dari 3 detik maka analisis dinamis pada struktur *jack-up* akibat beban hidrodinamis siklus (untuk gelombang laut terjadi antara 5 – 12 detik) adalah hal yang sangat penting untuk mengetahui respon total dari struktur *jack-up* (Boswell, 1987).

Deformasi yang serius pada struktur *jack-up* terutama pada

Terdapat dua domain yang sering digunakan pada analisis respon dinamis struktur lepas pantai, yaitu: *frequency domain analysis* dan *time domain analysis*. *Frequency domain analysis* adalah simulasi kejadian pada saat tertentu dengan interval frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya. Domain ini hanya dapat dipakai untuk kondisi *steady-state* dalam menggunakan sistem linear. Sedangkan *time domain analysis* adalah mensimulasikan suatu seri kejadian pada interval waktu tertentu hingga batas waktu perhitungan yang telah ditentukan sebelumnya (Liu, 1989).

2. Landasan Teori

2.1. Jack-up Platform secara Umum

Jack-up platform merupakan struktur yang terbentuk dari gabungan metode antara *fixed structure (jacket steel structure)* dan *floating structure (semi submersible)*. Ini diharapkan struktur *jack-up* dapat memiliki kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh kedua tipe struktur tersebut, yaitu pada fase operasi maupun pada fase transportasi.

Jack-up platform memiliki tiga tahap pengoperasian yaitu fase transportasi, fase operasi dan fase instalasi. Setiap fase mempunyai pengaruh masing-masing terhadap perancangan *jack-up platform*. Oleh

2.1.1. Prosedur Perancangan Struktur *Jack-up*

Secara garis besar prosedur perancangan struktur *jack-up platform* adalah sebagai berikut (Murdjito, 1997) :

1. Analisis kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan tempat beroperasinya *jack-up platform* meliputi gelombang laut, arus laut, angin, kondisi tanah pondasi dan lain-lain. Lingkungan tersebut berpengaruh sangat besar pada beban lingkungan yang bekerja pada struktur *jack-up*. Untuk lokasi operasi di perairan dalam, beban hidrodinamis mengambil peranan penting pada total beban yang bekerja pada struktur.

2. Menentukan beban fungsional

Besarnya beban fungsional sangat ditentukan oleh berat struktur beserta fasilitasnya dan daya muat (*payload*).

3. Informasi geologi

Informasi geologi berisi informasi tentang sifat-sifat dan struktur mekanis tanah dasar laut dimana *jack-up* akan dioperasikan. Informasi ini sangat penting untuk menentukan pemodelan pondasi. Oleh karena masih sulitnya untuk mendapatkan data geologi yang

gelombang, penentuan beban gelombang serta transformasi parameter hidrodinamika ke beban hidrodinamis pada struktur.

5. Analisis model struktur

Hal ini meliputi analisis respon struktur terhadap beban yang bekerja dan analisis terhadap stabilitas *jack-up* dari pengaruh beban lingkungan pada fase operasional.

6. Evaluasi

Hasil dari analisis di atas akan dievaluasi dan disesuaikan dengan menggunakan kriteria perancangan yang ada untuk menentukan kelayakan hasil perancangan. Kriteria perancangan struktur *jack-up* ini pada umumnya telah didefinisikan oleh Biro Klasifikasi seperti DnV, API, ABS, LR dan lain sebagainya dalam bentuk *rules*.

1.1.2. Konstruksi Kaki Jack-up

Jumlah kaki *jack-up platform* bervariasi dari 3 buah hingga 8 buah. Perancangan *jack-up* modern cenderung mengurangi jumlah kaki menjadi 3 atau 4 buah. Pengurangan jumlah kaki *jack-up* berarti pengurangan berat total struktur dan menurunkan beban hidrodinamis (Murdjito, 1997).

Konstruksi Kaki Tertutup (*Closed Type*)

Konstruksi kaki tertutup berbentuk silinder pipa atau berbentuk kubus dengan lubang-lubang pen sepanjang kedua sisinya untuk fasilitas *jacking*. Kebanyakan *jack-up* dengan konstruksi kaki tertutup digunakan untuk operasi di daerah perairan dangkal dengan kondisi laut yang tenang, sehingga sebagian besar beban lingkungan berupa beban hidrodinamis disamping beban angin. Jika daerah operasi semakin dalam, maka diameter kaki, berat konstruksi serta beban hidrodinamis akan menjadi semakin besar sehingga akan semakin besar pula biaya yang akan ditanggung.

Konstruksi Kaki Cangkang (*Truss Type*)

Semua konstruksi kaki *jack-up* modern sekarang berbentuk kaki cangkang. Ada dua tipe konstruksi kaki cangkang (*bay type*), yakni tipe 3 *chord* (*3-chordsbay type*) dan tipe 4 *chord* (*4-chordsbay type*). Untuk tipe 3 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segitiga dengan *chord* diujung-ujungnya dihubungkan oleh penegar (*bracing*). Sedang untuk tipe 4 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segi empat. Konstruksi kaki cangkang menjadikan beban hidrodinamis yang bekerja lebih rendah dibanding dengan konstruksi tertutup

Jarak Antar Kaki

Jarak antar kaki akan menentukan stabilitas struktur dalam menahan beban momen.

Jarak Antar *Chord*

Selain menentukan kekakuan kaki juga menentukan berat kaki. Jarak antar *chord* akan menentukan momen inersia, berarti juga akan menentukan kemampuan struktur dalam menahan beban momen dan gaya geser.

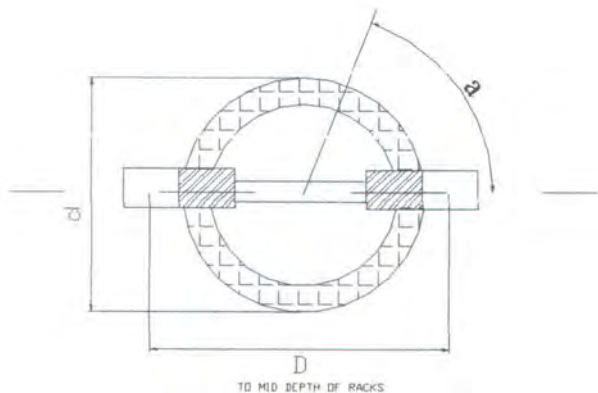
Tipe *Chord*

Bentuk dan ukuran *chord* sangat menentukan kekuatan kaki *jack-up* dengan konstruksi cangkang terhadap pengaruh beban. Bentuk dan ukuran kaki *jack-up* ditentukan oleh :

- Kekakuan dan kekuatan kaki secara global.
- Posisi dan konstruksi dari *rack* dan *pinion* pada sistem *jacking*.
- Hubungan antara kaki dengan permukaan sepatu tumpu (*spud can*).
- Tegangan antara kaki dengan sepatu tumpu.
- Tegangan ijin untuk sambungan antara *chord* dengan penegar

dua pasang setengah lingkaran silinder baja dengan konstruksi dua sisi *rack* berada ditengah-tengah silinder. *Chord* tipe ini sering digunakan pada konstruksi kaki 3 *chord*.

MSC/FRIDE Goldman - Chord



Gambar 2.1. Konstruksi Chord Tipe MSC/FRIDE Goldman-Chord (Murdjito, 1997)

b) *Marathon-chord*

Termasuk dalam kelompok *Marathon chord* ialah *Gusto-chord* dan *MLMC-chord*. *Chord* jenis ini berbentuk segitiga dengan satu sisi *rack*. *Chord* tipe ini banyak terlihat untuk konstruksi kaki 4 *chord*.

Bentuk Penampang Kaki *Jack-up*

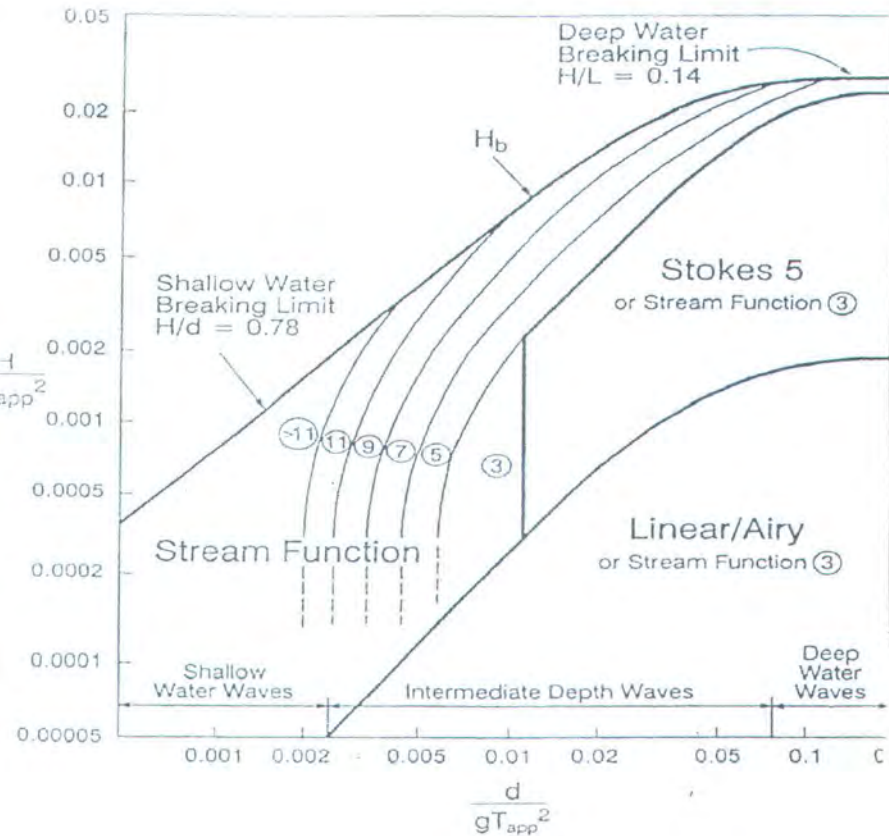
Untuk konstruksi kaki cangkang ada dua tipe yang dikenal, yaitu tipe 3 *chord* (3-chordsbay type) dan tipe 4 *chord* (4-chordsbay type). Untuk tipe 3 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segitiga dengan *chord* ujung-ujungnya yang dihubungkan oleh penegar (*bracing*). Sedangkan untuk tipe 4 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segi empat.

Tipe *Bracing*

Untuk kaki dengan konstruksi cangkang ada tiga jenis sistem *bracing* yang biasa digunakan, yaitu tipe Z-*bracing*, K-*bracing* dan X-*bracing*. Dari ketiga tipe *bracing* diatas tipe K-*bracing* dan X-*bracing* yang paling banyak digunakan untuk konstruksi cangkang kaki *jack-up* di perairan dalam (Murdjito, 1997).

2. Teori Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang, maka teori gelombang yang digunakan disesuaikan dengan grafik *validitas* teori gelombang. *Validitas* teori gelombang ini dikembangkan oleh R. G. Dean (1968) dan B. Lehaute (1970) (Chakrabarti, 1987) seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Grafik *Region of Validity* (API RP 2A WSD 21 ed, 2002)

Diagram ini membagi daerah yang berlaku bagi masing-masing teori gelombang berdasarkan perbandingan H/gT^2 sebagai ordinat dan d/gT^2 sebagai absis. Penentuan teori gelombang ini berdasarkan pada lingkungan struktur tersebut diinstalasi, seperti tinggi gelombang H (m), kedalaman d (ft, m) dan periode gelombang T (detik). Teori

ombang H/λ . Teori ini kemudian dikembangkan oleh Skjelbreia dan
ndrickson (1961). Persamaan kecepatan partikel air berawal dari
samaan berikut:

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (2.1)$$

$$w = \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \quad (2.2)$$

ri persamaan di atas, didapat persamaan kecepatan partikel air seperti
awah ini:

$$u = C \sum_{n=1}^5 n F_n \cos n\theta \cosh nks \quad (2.3)$$

$$w = C \sum_{n=1}^5 n F_n \sin n\theta \sinh nks \quad (2.4)$$

ri persamaan kecepatan di atas didapat diferensial berupa percepatan
tikel air laut sebagai berikut:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \sin n\theta \cosh nks \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \cos n\theta \sinh nks \quad (2.6)$$

samaan profil gelombang (η) pada *Still Water Level* (SWL) adalah:

ana :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{s} \\
 &= \frac{-c^2(5c^2+1)}{8s^5} \\
 &= 18 - 249c^2 \\
 &= \frac{-(1.184c^{10} - 1.440c^8 - 1.992c^6 + 2.641c^4 + ac)}{1.536s^{11}} \\
 &= \frac{3}{8s^4} \\
 &= \frac{192c^8 - 424c^6 - 312c^4 + 480c^2 - 17}{768s^{10}} \\
 &= \frac{13 - 4c^2}{64s^7} \\
 &= 512c^{12} = 4.224c^{10} \\
 &= \frac{ac - 6.800c^8 - 12.808c^6 + 16.704c^4 - 3.154c^2 + 107}{4.096s^{13}(6c^2 - 1)} \\
 &= \frac{80c^6 - 816c^4 + 1.338c^2 - 197}{1.536s^{10}(6c^2 - 1)} \\
 &= 163.470c^2 - 16.245 \\
 &= \frac{-(2.880c^{10} - 72.480c^8 + 324.000c^6 - 432.000c^4 + ac5)}{61.440s^{11}(6c^2 - 1)(8c^4 - 11c^2 + 3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 88.128c^{14} - 208.224c^{12} + 70.84c^{10} \\
 &= \frac{bc + 54.000c^8 - 21.816c^6 + 6.264c^4 - 54c^2 - 81}{12.288s^{12}(6c^2 - 1)} \\
 &= \frac{c(768c^{10} - 448c^8 - 48c^6 + 48c^4 + 106c^2 - 21)}{384s^9(6c^2 - 1)} \\
 &= 192.000c^{16} - 262.720c^{14} + 83.680c^{12} + 20.160c^{10} \\
 &= \frac{bc5 - 7.280c^8 + 7.160c^6 - 1.800c^4 - 1.050c^2 + 225}{12.288s^{10}(6c^2 - 1)(8c^4 - 11c^2 + 3)} \\
 &= \frac{8c^4 - 8c^2 + 9}{8s^4} \\
 &= 3.840c^{12} - 4.096c^{10} \\
 &= \frac{cc + 2.592c^8 - 1.008c^6 + 5.944c^4 - 1.830c^2 + 147}{512s^{10}(6c^2 - 1)} \\
 &= \frac{-1}{4sc} \\
 &= \frac{12c^8 + 36c^6 - 162c^4 + 141c^2 - 27}{192cs^9}
 \end{aligned}$$

perhitungan di atas didapat harga λ dengan menggunakan iterasi,

u:

$$KC^2 = g \tanh kd (1 + \lambda^2 C_1 + \lambda^4 C_2)$$

$$KH = 2 \left[1 + \lambda^3 B_1 + \lambda^5 (B_2 + B_3) \right]$$

$$(2.8)$$

$$F_5 = \lambda^5 A_{55} \quad (2.9)$$

elah nilai dari F_n didapat, maka perhitungan kecepatan dan percepatan laut dapat dilakukan.

2.2. Gaya Gelombang pada Silinder Tegak

Sarpkaya (1981) telah memberikan garis besar dalam menganalisa gaya gelombang pada suatu struktur. Untuk menghitung gaya gelombang dibutuhkan model dari kondisi gelombang yang didapat dari pencatatan gelombang, arus dan angin dari lokasi yang direncanakan.

Gaya gelombang yang bekerja pada silinder tegak merupakan penjumlahan langsung dari gaya inersia dan gaya *drag*. Sedangkan gaya inersia merupakan penjumlahan antara gaya *froude-krylov* dengan gaya *added mass* disebabkan oleh massa tambah. Dalam perhitungan gaya gelombang bangunan lepas pantai maka persamaan Morrison sering dipakai (Chakrabarty, 1987). Untuk dapat memakai rumusan Morrison ini maka perlu lebih dahulu mengetahui batasan – batasan yang digunakan dalam Morrison dalam menghitung gaya yang ditimbulkan oleh gelombang. Cara lengkap syarat – syarat yang dimaksud adalah sebagai berikut :

$D/\lambda > 1$; pada kondisi ini gelombang mendekati

samaan yang diberikan oleh Morrison untuk perhitungan beban gelombang, yaitu:

$$F_w = \int_0^z (F_d + F_i) dz \quad (2.10)$$

$$F_w = \int_0^z \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot D \cdot u |u| + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot C_m \cdot a_x \right) dz$$

ana :

F_w = gaya gelombang per unit panjang

F_d = gaya *drag* per unit panjang

F_i = gaya inersia per unit panjang

D = diameter luar *member Chord*

C_d = koefisien *drag* untuk *Chord*

C_m = koefisien inersia untuk *Chord*

ρ = massa jenis air laut

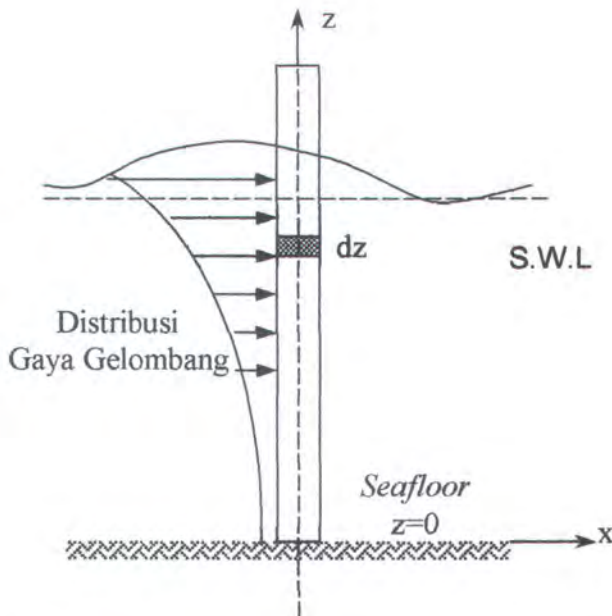
u = kecepatan horisontal partikel air laut

a_x = percepatan horizontal partikel air laut

Untuk me-linear-kan suku $u |u|$ pada persamaan Gaya *Drag* memakai

formulasi sebagai berikut :

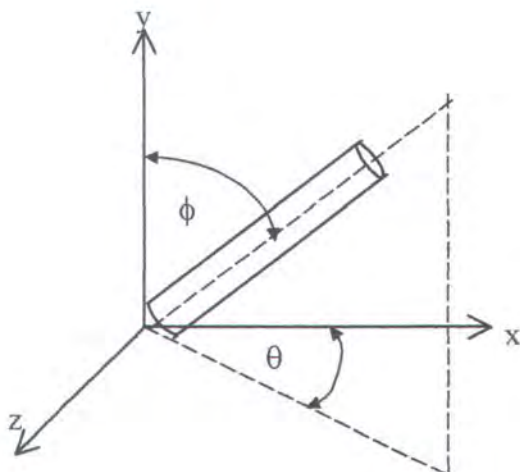
$$u |u| = \frac{8}{3 \cdot \pi} \cdot u^2 \quad (2.11)$$



Gambar 2.4. Gaya gelombang pada Silinder Tegak (Dawson, 1976)

2.3. Gaya Gelombang pada Silinder Miring

Untuk perhitungan beban gelombang pada *Brace* baik *Horizontal* maupun *Diagonal Brace* digunakan rumus Morrison yang telah dimodifikasi (Chakrabarty, 1987) untuk menghitung gaya gelombang pada silinder miring dengan arah sembarang. Dalam rumusan ini kecepatan dan percepatan diuraikan menjadi dua (2) komponen, yaitu normal dan tangensial terhadap sumbu aksis lokal silinder, tetapi dalam aplikasinya hanya komponen normal saja yang digunakan untuk menghitung



Gambar 2.5. Orientasi Arah Gaya Gelombang pada Silinder Miring (Dawson, 1976)

nder akan dilalui oleh partikel air yang mempunyai kecepatan horizontal dan kecepatan vertikal v , percepatan horizontal a_x , dan percepatan vertikal a_y . Dengan menggunakan transformasi sumbu koordinat dapat ditentukan arah silinder terhadap masing-masing sumbu koordinat. Harga komponen – komponen normal (∇) terhadap silinder aksis adalah :

$$\nabla = \left[u^2 + v^2 - (c_x u + c_y v)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

mponen kecepatan normal yang searah dengan sumbu x , t , dan z turut – turut adalah :

$$u = u - c (c_x u + c_y v)$$

komponen percepatan normal dalam arah x, y, dan z diberikan sebagai

ikut :

$$\begin{aligned} a_{nx} &= a_x - c_x (c_x a_x + c_y a_y) \\ a_{ny} &= a_y - c_y (c_x a_x + c_y a_y) \\ a_{nz} &= -c_z (c_x a_x + c_y a_y) \end{aligned} \quad (2.15)$$

demikian rumusan Morrison untuk gaya per satuan panjang

untuk masing – masing sumbu menjadi :

$$\begin{aligned} \partial F_x &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot u_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{nx} \\ \partial F_y &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot v_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{ny} \\ \partial F_z &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot w_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{nz} \end{aligned} \quad (2.16)$$

gaya yang bekerja sepanjang pipa diperoleh dengan jalan

mengintegrasikan gaya per satuan panjang pada persamaan di atas

sepanjang pipa silinder, menjadi :

$$\begin{aligned} F_x &= \int \partial F_x ds \\ F_y &= \int \partial F_y ds \\ F_z &= \int \partial F_z ds \end{aligned} \quad (2.17)$$

dan akhirnya didapatkan bahwa gaya total yang bekerja pada silinder

2.4. Teori Spektrum Gelombang JONSWAP

Model matematik spektrum biasanya didasarkan pada satu atau lebih parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan, periode gelombang, faktor permukaan, dan lain-lain. Spektrum parameter tunggal yang paling sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz (1964) yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu ada beberapa spektrum parameter ganda yang bisa digunakan adalah Bretschneider (1969), Scott (1965), ISSC (1964). Sedangkan spektrum JONSWAP (Hasselmann, 1973, 1976) merupakan spektrum yang menggunakan lima parameter, namun biasanya tiga diantaranya adalah konstan. Model spektral yang lebih kompleks lagi adalah model yang diptakan oleh Ochi dan Hubble (1976) yang menggunakan enam parameter. Spektrum ini menggambarkan dua puncak pada spektrum energi.

Spektra JONSWAP dikemukakan oleh Hasselmann, et al (1973) berdasarkan percobaan yang dilakukan di North Sea. Formula atau persamaan untuk spektrum JONSWAP dapat ditulis dengan modifikasi dari persamaan P-M, yaitu :

$$f(\omega) = \frac{1}{2\pi} \exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{\sigma^2} \right]$$

= untuk $\omega \geq \omega_0$

ngan mempertimbangkan angin dengan kecepatan U_ω dan x (jarak, h), sehingga harga rata-rata adalah sebagai berikut :

= 3.30 merupakan variasi dari 1-7

= 0.07

= 0.09

= $0.076 (x_0)^{-0.22}$

= 0.0081 (ketika x tidak diketahui)

= $2\pi(g/U_\omega)(x_0)^{-0.33}$

= gx/U_ω^2

Spektrum biasanya mempertimbangkan 2 parameter, yaitu γ dan

ω_0 dan α , τ_a dan τ_b .

3. Teori Pembebanan

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam

permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu bangunan lepas pantai. Adapun beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai, seperti tiang pancang, bangunan atas, *jacket*, *deck*, *railing*, *grout*, *paint*, *stiffners* dan lain-lain.
- b. Berat peralatan dan permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.
- c. Berat perlengkapan tambahan lain yang dipasang permanen pada struktur, seperti *board landing*, *risers*, *barge bumper*.

Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/ berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup (*live load*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Berat peralatan pengeboran (*drilling*)
- b. Berat peralatan produksi atau *treatment*

Beban lingkungan (*Environmental Load*)

Beban lingkungan (*environmental load*) adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah:

- a. Beban gelombang
- b. Beban angin
- c. Beban arus
- d. Beban gempa

Beban akibat kecelakaan (*Accidental Load*)

Beban kecelakaan (*accidental load*) merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan ini terjadi akibat dari:

- a. Tabrakan dengan kapal pemandu operasi
- b. Putusnya tali katrol (*crane*)
- c. Putusnya tali tambat (rantai jangkar, tali baja pengikat katrol)
- d. Kebakaran, letusan, *blow out*
- e. Benda yang jatuh mengenai deck, dan lain-lain

merangkan desain atau rancangan. Model harus mampu mendemonstrasikan *suitability*, *workability* dan *constructability* dari konsep. Model dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu *play model* dan *engineering model*. Dalam tugas akhir ini akan menggunakan model matematis sebagai dasar analisis. Model matematis merupakan suatu model yang dapat mendeskripsikan dimensi dan karakteristik dari prototipe kedalam formulasi matematis.

4.2. Pemodelan dengan Metode Elemen Hingga

Penyelesaian suatu permasalahan dalam bidang rekayasa umumnya menghasilkan ekspresi/model matematik yang melibatkan kondisi batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya, sehingga jarang sekali model matematis untuk masalah-masalah teknik yang biasa diselesaikan secara analitis. Keadaan inilah yang memaksa *engineer* menggunakan analisa numerik yang kendatipun hasilnya hanya bersifat pendekatan tetapi dianggap cukup dapat diterima. Perhitungan lendutan dan tegangan di sepanjang elemen *space-frame* adalah salah satu masalah teknik yang cukup populer dalam bidang rekayasa lepas pantai.

ng selanjutnya digabungkan kembali sehingga didapatkan pemecahan masalah secara keseluruhan. Metode ini dikenal dengan *finite element method* (FEM) atau metode elemen hingga.

4.3. Pemodelan Struktur Jack-up

dalam pemodelan struktur *jack-up platform* yang tepat akan sangat menentukan ketepatan hasil analisis, baik untuk analisa matematis maupun test hidrodinamis model skala di kolam tes. Untuk mendapatkan model matematis yang representatif, maka model matematis struktur *jack-up platform* harus memenuhi kriteria model yang meliputi (Surdjito, 1997):

- a. Model harus mampu memberikan hasil respon yang andal sehubungan dengan parameter-parameter perancangan, seperti perpindahan *horizontal* geladak, kelenturan kaki *jack up* dan lain-lain.
- b. Model harus mampu memberikan gambaran yang jelas tentang peranan parameter-parameter perancangannya, baik untuk *sistem* yang linier maupun *sistem* yang tidak linier.
- c. Model harus fleksibel terhadap berbagai jenis metode analisis.

Detailed model ini merupakan pemodelan struktur *jack-up* sebagai struktur 3 dimensi yang terdiri dari sistem *chord* dan *brace*. Untuk analisa struktur dengan menggunakan *detailed model*, kita menggunakan *Finite Element Method (FEM)*, dimana struktur dimodelkan secara detail sebagai rangka 3 dimensi. Bentuk fisik model struktur dijadikan sebagai suatu sistem linier yang kontinyu dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen-elemen yang kecil. Elemen-elemen kecil ini dihubungkan dengan simpul-simpul (*nodes*) sehingga menjadi suatu sistem yang kontinyu.

Adapun parameter perancangan yang digunakan dalam pembuatan *detailed model* adalah sebagai berikut :

➤ Rasio kerampingan/ *Slenderness ratio*

$$\text{Slenderness ratio} = \frac{kL}{r} \quad (2.20)$$

Dimana : k = *buckling length factor*

L = panjang elemen

r = jari-jari girasi = $0,35 D$

➤ *Diameter to wall thickness ratio (D/t)*

Dalam melakukan proses perancangan hal yang menjadi pertimbangan utama adalah kekuatan rancangan. Suatu rancangan dikatakan memenuhi kriteria perancangan apabila tegangan pada setiap titiknya lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin titik tersebut.

2.5. Dasar Analisis Dinamis

Tujuan dari analisis dinamis terhadap suatu struktur adalah untuk mengetahui respon dinamis struktur terhadap pembebanan yang merupakan fungsi waktu seperti *displacement*, atau perilaku dinamis struktur seperti frekuensi natural struktur atau periode natural struktur. Analisis dinamis secara umum memiliki tahapan sebagai berikut (Craig, 1981) :

Desain, meliputi bentuk, ukuran, dan properti struktur

Analisis, terdiri atas :

- Penentuan Model Analitis
- Penentuan Model Matematis
- Penentuan Respon atau Perilaku Struktur

Pengujian.

Dalam analisis dinamis, massa dan kekakuan struktur merupakan parameter yang amat penting dalam menentukan frekuensi *natural* dan untuk lendutan struktur.

Ada 2 (dua) cara pendekatan dasar yang dikenal untuk mendapatkan respon dinamis struktur (Craig, 1981), yaitu :

Deterministik

Dalam pendekatan ini pola pembebanan dianggap sudah pasti, misalnya : dengan adanya data rekaman percepatan gempa tertentu.

Non – Deterministik.

Dalam pendekatan ini fungsi pembebanan terhadap waktu tidak diketahui. Untuk itu dipakai metode – metode statistik untuk mendapatkan respon dinamis struktur.

Terdapat 3 (tiga) konsep dasar utama dari suatu getaran atau *sitasi*, yaitu seperti yang akan dijelaskan berikut :

Input (masukan)

Input di sini adalah gaya luar yang dikenakan pada suatu sistem, yang menyebabkan sistem tersebut bergetar, yang bisa dikategorikan dalam beberapa hal :

- d. *Input* yang sama sekali sembarang, *input* yang demikian sering disebut sebagai "*input* statistik", karena penggunaan ilmu statistik sering diperlukan untuk merumuskannya dalam bentuk matematis.
- e. Gaya interaktif, yaitu *input* yang tergantung dari gerakan yang dihasilkan. Jenis *input* ini adalah yang terjelek sebab tidak bisa diperkirakan sebelumnya, tetapi tergantung dari gerakan yang dihasilkan, sedangkan gerakan yang dihasilkan ini tergantung dari *inputnya*.

Sistem.

Sistem dari suatu getaran dapat dikategorikan menjadi :

- a. Sistem dengan satu derajat kebebasan (*Single Degree Of Freedom / SDOF*)
- b. Sistem dengan banyak derajat kebebasan (*Multi Degree Of Freedom / MDOF*)
- c. Sistem kontinyu (seperti : balok, pelat, dan sebagainya)

Output (keluaran)

Output adalah akibat yang terjadi karena dikenakannya *input* terhadap sistem. *Output* sering diukur dalam bentuk :

- a. *Displacement* (pergeseran, kecepatan, dan percepatan)

2.6. Metode Domain Frekuensi untuk Analisis Dinamis

2.6.1. Teori Getaran Bebas

Secara umum persamaan gerak untuk sistem MDOF adalah:

$$m \ddot{v}(t) + c \dot{v}(t) + kv(t) = p(t) \quad (2.21)$$

sempurnya ekuivalen dengan persamaan gerak sistem dari SDOF yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$m \ddot{z}(t) + c \dot{z}(t) + kz(t) = p(t) \quad (2.22)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menggambarkan respon dari sistem yang sederhana, meskipun demikian, persamaan ini juga berlaku untuk menggambarkan respon dari setiap sistem yang lebih kompleks, yang dinyatakan sebagai suatu sistem MDOF.

Untuk mendapatkan persamaan di atas maka bagian sebelah kanan dijadikan sama dengan nol:

$$m \ddot{v}(t) + c \dot{v}(t) + kv(t) = 0 \quad (2.23)$$

hingga gerak yang terjadi akibat gaya bekerja sama dengan nol disebut sebagai getaran bebas, dan respon getaran bebas sistem inilah yang akan diteliti.

memberikan idealisasi sistem yang baik sekali dan dapat diandalkan serta efektif untuk analisis dengan komputer digital. Idealisasi elemen hingga dapat diterapkan untuk semua tipe struktur; struktur kerangka, yang terdiri dari kumpulan anggota satu dimensi (batang, kolom dan sebagainya).

Langkah pertama dalam idealisasi elemen hingga dari setiap struktur adalah membagi suatu struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Ukurannya sembarang, bisa semuanya berukuran sama atau semua berbeda-beda. Pada ujung-ujung bagian dimana mereka saling berhubungan disebut titik-titik simpul. Perpindahan titik-titik simpul ini kemudian menjadi koordinat tergeneralisasi dari struktur. Lendutan struktur dapat dinyatakan dengan koordinat tergeneralisasi dengan menggunakan kumpulan yang sesuai dari fungsi perpindahan yang diasumsikan.

Analisis respon yang akan digunakan dalam hal ini dengan metode *frequency domain analysis*. Secara umum persamaan gerak suatu sistem dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$M \ddot{x} + C \dot{x} + Kx = F \quad (2.24)$$

$$F_{freq} = \rho(C_{FK} + C_{Am})v.\ddot{u} + \frac{1}{2}\rho C_D A \sigma_{u-x} \sqrt{\frac{8}{\pi}} \left| \dot{u} - \dot{x} \right| \quad (2.25)$$

Matrik kekakuan

Kekakuan atau *stiffness* pada dasarnya adalah kemampuan perubahan bentuk elemen. Penyusunan matrik kekakuan secara keseluruhan dalam satu struktur dapat digambarkan pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7. Model Penyusunan Matrik Kekakuan

Masing-masing titik simpul mempunyai kekakuan $\frac{AE}{L} \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix}$ maka matrik kekakuan dari struktur dibentuk dengan menjumlahkan suku-suku matrik kekakuan masing-masing simpul yang berorientasi pada titik simpul yang sama, akan lebih mudah dipahami sebagai berikut :

$$\text{Elemen 1} \quad K^* \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} f_1 \\ f_2 \end{vmatrix} \quad (2.26)$$

$$\text{Elemen 2} \quad K^* \begin{pmatrix} x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} f_2 \\ f_3 \end{vmatrix} \quad (2.27)$$

dijumlahkan sehingga matrik kekakuan struktur secara menyeluruh adalah:

$$\frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix} \quad (2.28)$$

2.6.3. Persamaan Gerak MDOF (*Multi Degree of Freedom*)

Persamaan gerak dilinearisasikan terhadap gaya gelombang. Dari persamaan 2.24 maka linearisasi gaya *drag* pada persamaan Morison sesuai dengan Brogman :

$$M \ddot{X}(t) + C \dot{X}(t) + KX(t) = P_w(t) \quad (2.29)$$

mana

M, C, K = Massa struktur, redaman, matriks kekakuan (matrik massa termasuk pengaruh massa tambah ($\rho, C_m \text{ dan } V$))

\dot{X}, \ddot{X} = *Displacement* struktur, kecepatan, vektor percepatan

$P_w(t)$ = Beban gelombang

Persamaan di atas digunakan untuk beban harmonik yang memiliki perbedaan frekuensi. Karena sistem linearisasi pada gaya gelombang pertimbangan maka *displacement* yang terjadi juga merupakan beban

$$(k - \omega^2 M + i\omega c)X_o = P_o \quad (2.31)$$

ya gelombang dihitung berdasarkan dengan linearisasi persamaan
 rison sesuai dengan Brogman

$$P_o(t) = |k_a| \ddot{u}(t) + |k_d| (\dot{u}(t) - \dot{x}_s(t)) \quad (2.32)$$

mana,

= adalah matriks diagonal yang memiliki elemen

$$k_{dij} = \frac{1}{2} \rho C_D A \sigma_{Rj} \sqrt{\frac{8}{\pi}}$$

= adalah matrik diagonal yang memiliki elemen

$$k_{aij} = \rho (C_{FK} + C_{AM}) V$$

(indeks j sesuai dengan *restrain* derajat kebebasan)

= standart deviasi kecepatan partikel relatif \dot{R}

= vektor kecepatan relatif partikel air

$$\dot{R}(t) = \dot{u}(t) - \dot{x}(t) - \dot{x}_s(t)$$

an, \ddot{u}

= vektor kecepatan dan percepatan air

= berat jenis

6.4. Prosedur Perhitungan Lendutan pada Struktur

Pada prinsipnya metode elemen hingga memperlakukan suatu sistem sebagai gabungan dari elemen-elemen kecil yang digabungkan ke dalam satu kesatuan oleh titik-titik yang disebut *joint/ node*. Fungsi yang dipilih untuk mendekati distribusi atau variasi lendutan yang sesungguhnya pada tiap elemen tersebut. Fungsi harus memenuhi syarat-syarat tertentu itu disebut dengan *displacement function* atau *displacement model*. Hasil yang diinginkan seperti besar lendutan, tegangan pada *joint*, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah harga pendekatan dari lendutan pada lokasi-lokasi diskrit dari sistem yang dianalisis, yaitu pada *nodes-point*-nya tersebut.

Untuk fungsi *displacement*-nya, biasa dipilih fungsi polynomial atau fungsi trigonometri, atau juga beberapa fungsi sederhana yang lainnya. Umumnya digunakan polynomial karena fungsi ini mudah dimanipulasi secara matematis. Secara ringkas prosedur analisa lendutan dan tegangan dengan metode elemen hingga adalah seperti pembahasan berikut.

6.5. Pendiskritan dari Sistem yang Dianalisis

apa jumlah serta dimensinya yang dianggap memenuhi syarat untuk suatu masalah tertentu.

Pendiskritan ini merupakan tahap yang penting, karena dalam teknik suatu sistem umumnya sangat kompleks dan besar, sehingga untuk keperluan analisis dengan metode elemen hingga hanya bagian-bagian tertentu yang dianggap perlu saja yang diselidiki.

Struktur *jack-up* yang terdiri dari *chord* dan *brace* adalah suatu sistem yang terdiri dari banyak elemen *space frame*. Elemen *space frame* sebenarnya adalah gabungan dari dua macam elemen, yaitu elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi. Pengasumsian ini didasarkan pada pembebanan dan lendutan yang akan terjadi pada elemen *space frame*. Elemen *truss* adalah elemen yang akan mengalami pembebanan dan lendutan pada arah aksial (pada arah sumbu elemen) sedangkan elemen *beam* akan mengalami pembebanan, lendutan dan momen ke arah lateral.

Elemen *chord* dan *brace* pada struktur *jack-up* akan mengalami pembebanan dari segala arah (aksial dan lateral) dalam ruang sehingga elemen *chord* dan *brace* tersebut akan mengalami lendutan dan momen dari segala arah pula. Jadi pendekatan model elemen yang paling baik

dar dari 3 detik. Struktur yang memiliki periode natural lebih dari 3 detik, tak mungkin untuk mengabaikan $M\ddot{x} + C\dot{x}$. Dalam hal ini perlu untuk melakukan analisis dinamis (API RP 2A WSD 21 ed, 2002). Untuk itu sebagai pendekatan untuk mencari respon dinamis struktur dalam hal ini adalah *amplitudo displacement*, yaitu dengan cara mengalikan respon statis (*static displacement*) dengan *Dynamic Amplification Factor* (DAF). Dimana DAF merupakan perbandingan antara *amplitudo displacement* dengan *equivalent static displacement*, jika dirumuskan adalah sebagai berikut (Chakrabarty, 1987) :

$$DAF = \frac{\text{amplitude_of_displacement}}{\text{equivalent_static_displacement}} = \frac{x_0}{f_o / K} \quad (2.33)$$

Respon dinamis struktur seperti *jack-up platform* sangat mungkin untuk didekati dengan mengalikan respon statis dalam hal ini adalah defleksi horisontal geladak dengan *dynamic amplification factor* (DAF) dimana untuk sistem dengan satu derajat kebebasan diberikan (Boswell, 1987) :

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{T_o}{T}\right)^2\right)^2 + \left(2\xi \frac{T_o}{T}\right)^2}} \quad (2.34)$$

periode natural merupakan nilai inverse dari frekuensi natural dan diberikan oleh:

$$T_o = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{M_e}{k_e}} \quad (2.35)$$

dimana : f : Frekuensi natural dari struktur

k_e : kekakuan efektif satu kaki

M_e : Massa efektif satu kaki

Damping ratio ξ yang digunakan untuk perhitungan DAF adalah *dampling ratio*. Ini merupakan kuantitas dimana bergantung pada banyaknya variabel. Didefinisikan oleh :

$$\xi = \frac{c}{c_{cr}} = \frac{c}{2\sqrt{mk}} \quad (2.36)$$

dimana m , c , dan k adalah koefisien dari massa, *damping* dan *spring* pada satu derajat kebebasan ekuivalent.

ini dapat diamati bahwa *damping ratio* semakin bertambah dengan semakin menurunnya kekakuan. Ini sangat penting karena kekakuan dari *pick-up platform* mungkin orde perbesarannya lebih kecil dari kekakuan *ket paltform*.

Oleh karena kaki berupa silinder bebas di satu ujung dan dijepit

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \quad (2.39)$$

- mana:
- ke = Kekakuan efektif kaki
 - k = Kekakuan silinder karena bending
 - P = Beban axial kaki
 - Pe = Beban kritis euler untuk silinder
 - E = Modulus elastisitas
 - I = Moment inersia kaki

2.8. Tegangan

2.8.1. Tegangan Normal

Tegangan normal dapat diakibatkan karena dua hal yaitu yang disebabkan oleh gaya aksial dan lenturan.

Disebabkan oleh gaya aksial

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.40)$$

Pada gambar 2.12 batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P. Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial besar (Popov, 1993) :

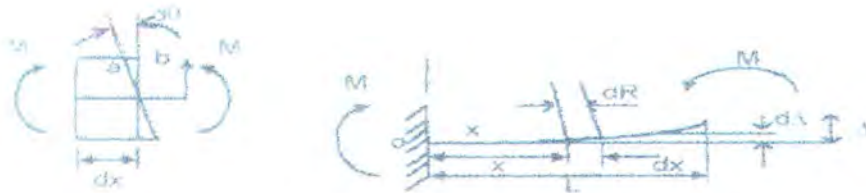
dimana : A = luas penampang lintang (m^2)

Disebabkan oleh lenturan, ada dua kondisi lenturan yaitu :

❖ Pada batang lurus
$$\sigma = -\frac{My}{I} \quad (2.41)$$

❖ Pada lengkung simetris
$$\sigma = \frac{My}{Ae(R-y)} \quad (2.42)$$

Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi disetiap penampangnya (gambar 2.13). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.



Gambar 2.9. Pembebanan Momen Kopel pada Batang Tubular (Popov, 1993)

mana :

= jarak dari sumbu netral ke sembarang titik A pada penampang

(gambar 2.13)

baik tetapi penambahan besar tegangan lentur akibat terbentuknya tegangan *buckling* yang disebabkan oleh tegangan aksial tekan perlu diperhatikan.

2.8.2. Tegangan Geser

Penyebab terjadinya tegangan geser ada dua jenis yaitu tegangan geser yang disebabkan oleh puntiran dan gaya geser dalam balok.

Disebabkan oleh puntiran

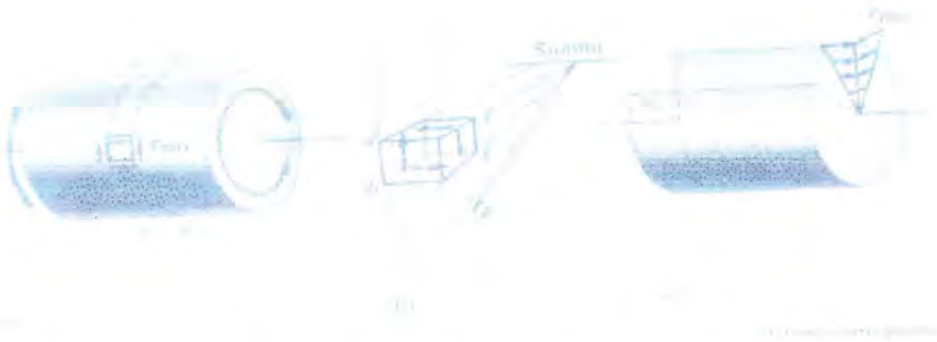
$$\square \text{ Poros melingkar} \quad \tau = \frac{T\rho}{I_p} \quad (2.43)$$

$$\square \text{ Poros sikuempat} \quad \tau = \frac{T}{\alpha bc^2} \quad (2.44)$$

$$\square \text{ Tabung dinding tipis tertutup} \quad \tau = \frac{T}{2At} \quad (2.45)$$

$$\text{Disebabkan oleh gaya geser dalam balok} \quad \tau = \frac{VQ}{It} \quad (2.46)$$

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walau besarnya tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti kaki struktur *jack* adalah momen puntiran aksial. Pada gambar 2.10 tampak batang



Gambar 2.10. Gaya Puntiran pada Batang Silinder (Popov, 1993)

Tegangan maksimum yang akan terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{T.R}{J} \quad (2.47)$$

dimana : J = momen inersia kutub

T = momen torsi terkonsentrasi

R = jari-jari penampang batang

dimana J :

$$J = \frac{\pi}{2}(R_o^4 - R_i^4) \quad \text{Untuk circular ring} \quad (2.48)$$

$$J = \frac{\pi}{2}(R^4) \quad \text{Untuk round bar} \quad (2.49)$$

Tegangan yang bekerja pada penampang lintang lingkaran dan R adalah jari-jari penampang batang. Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan

angan pada setiap bagian konstruksi melebihi tegangan ijin maka runtuh akan terjadi.

angan ijin untuk member silinder (API RP2A WSD 21 ed, 2002) :

1. Tegangan tarik

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0,6 F_y \quad (2.50)$$

Dimana : F_y adalah tegangan *yield*, ksi (MPa)

2. Tegangan Tekan

Buckling pada kolom

Tegangan tekan yang diijinkan adalah F_a .

Untuk $D/t \leq 60$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kL/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kL/r)}{8Cc} - \frac{(kL/r)}{8Cc^3}}, \text{ untuk } kL/r < C_c \quad (2.51)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(kL/r)^2}, \text{ untuk } kL/r \geq C_c \quad (2.52)$$

dimana:

$$C_c = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{0.5} \quad (2.53)$$

Local buckling

a. Local buckling elastic

$$F_{xe} = 2 C_{et}/D \quad (2.54)$$

dimana :

C = koefisien tegangan kritis *buckling*

D = diameter luar

T = ketebalan pipa

secara teoritis harga C adalah 0,6

b. Local buckling inelastic

$$F_{xc} = F_y \left[1,64 - 0,23(D/t)^{1/4} \right] \leq F_{xe} \quad (2.55)$$

$$F_{xc} = F_y, \text{ untuk } (D/t) \leq 60 \quad (2.56)$$

3. Tegangan Tekuk

Tegangan *bending* ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = 0,75 F_y, \text{ untuk } D/t \leq 1500/F_y \quad (2.57)$$

$$\left(\frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y}, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (2.58)$$

4. Tegangan Geser

Untuk bagian tubular, besarnya tegangan geser maksimum adalah:

$$f_y = \frac{V}{0,5A} \quad (2.60)$$

dimana: f_y = tegangan geser maksimum, ksi (MPa)

V = tegangan geser transversal, kips (MN)

A = luasan melintang, in² (m²)

Sedangkan tegangan geser pada *beam* yang diijinkan adalah:

$$f_y = 0,4 F_y \quad (2.61)$$

5. Tegangan Majemuk Tekan dan Tekuk Untuk Batang Silinder

$$\frac{fa}{0,6F_y} + \frac{\sqrt{f_x b^2 + f_y b^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (2.62)$$

Apabila $\frac{fa}{F_a} \leq 0,15$, maka digunakan

$$\frac{fa}{F_a} + \frac{\sqrt{f_b x^2 + f_b y^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (2.63)$$

9. Response Spektra

9.1. Response Amplitude Operators (RAO)



Untuk normal suatu respon dari sistem linier tidak berbeda dengan bentuk amplitudo gelombang dalam fungsi frekuensi.

Response-Amplitude Operator (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur lepas pantai. RAO disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur. Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi (Hakrabarty, 1987) adalah sebagai berikut :

$$\text{Respon } (\omega) = (\text{RAO}) \eta(\omega) \quad (2.64)$$

dimana, η = amplitudo gelombang, m, ft

ω = frekuensi angular, rad/sec

2.9.2. *Linier Response Spectra*

Response spectra didefinisikan sebagai *response energy density* pada struktur akibat gelombang, dalam hal ini berupa *energy density spectrum*. Untuk sistem linier, fungsi dari RAO merupakan fungsi kuadrat. *Response spectra* itu sendiri merupakan perkalian antara spektrum gelombang dengan RAO kuadrat. Persamaan dari *response spectra*



ω = frekuensi angular, rad/sec

response spectra dapat digunakan untuk mengetahui besar respon maksimum yang mungkin terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu. Respon ekstrem maksimum yang terjadi dengan tingkat probabilitas dari suatu kejadian sebesar 62,3% dapat dicari dengan persamaan (Ghahrabarty, 1987) sebagai berikut :

$$\hat{S}_{na} = \left[2 \ln \left\{ \frac{60^2 T}{2\pi} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \sqrt{m_0} \quad (2.66)$$

Respon ekstrem maksimum yang mungkin terjadi pada saat proses perancangan dapat dicari berdasarkan persamaan diatas dengan mempertimbangkan faktor peluang terlampauinya suatu kejadian α sebagai berikut :

$$\hat{S}_{na} = \left[2 \ln \left\{ \frac{60^2 T}{2\pi\alpha} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \sqrt{m_0} \quad (2.67)$$

na, T = lama kejadian badai (*storm propagation*) = 3 jam

α = peluang terlampaui yang diambil pada saat perancangan sebesar (1% - 5%)

m₀ = *zeroth moment* (luasan di bawah kurva)

*mu tidak akan pernah menang
a belum pernah kalah
mu tidak akan pernah berada di atas
a belum pernah berada di bawah
mu tidak akan menjadi besar
a belum pernah menjadi kecil*



BAB III

PEMODELAN STRUKTUR

DAN PEMBEBANAN

BAB III

PEMODELAN STRUKTUR DAN PEMBEBANAN

1. Umum

Dalam pelaksanaan analisis struktur ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu pemodelan struktur, analisis struktur, uji lab dan yang terakhir adalah mendapatkan hasil yang diinginkan. Ketiga tahapan tersebut ada yang mutlak harus dilakukan dan ada yang bisa dihilangkan, yang mutlak dilakukan adalah pemodelan dan analisis sedangkan uji lab tidak mutlak untuk dilakukan. Tahapan tersebut dapat dilakukan dengan cara pemodelan yang kemudian dilakukan analisis yang akan menghasilkan suatu hasil, begitupula untuk pelaksanaan dengan menggunakan uji lab. Pemodelan ini dapat juga dilaksanakan analisis dan uji lab secara bersamaan sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.

Pada penelitian kali ini dilakukan proses pemodelan dan analisis, tanpa menggunakan uji lab. Analisis yang digunakan adalah dengan berdasarkan pada metode elemen hingga (*finite element method*).

Metode Elemen Hingga merupakan suatu metode pemodelan dan

ntinyu. Sebagai acuan perhitungan dalam metode elemen hingga
sanya adalah *displacement method*, yaitu perpindahan dari simpul–
pul yang dianalisis dinyatakan sebagai parameter yang belum
etahui. Dengan demikian, untuk mendapatkan respon model
seluruhan diperlukan persiapan yang matang dalam pembuatan model
n memerlukan waktu perhitungan yang relatif lama.

Struktur *Jack-Up* yang akan dianalisis lebih berkonsentrasi pada
struktur kaki (*leg*) yang dalam hal ini memakai bentuk rangka (*space
frame*) sehingga dapat dimodifikasi konfigurasinya. Struktur kaki yang
enal dengan *truss type* ini dibangun dari sejumlah silinder baja yang
ing dihubungkan sehingga membentuk rangka batang. Tiap
mbungan antara silinder baja yang satu dengan lainnya merupakan dua
men yang berpotongan, sedangkan titik tempat terjadinya pertemuan
i elemen–elemen tersebut merupakan simpul atau sambungan (*joints*).

Pemodelan *jack-up* dapat dilakukan dengan dua cara pemodelan
tu pemodelan *jack-up* untuk keperluan analisis global empat kaki dan
odelan *jack-up* untuk keperluan analisis lokal satu kaki. Kedua cara
odelan ini sangat penting dilakukan. Analisis global dilakukan untuk
ngetahui respon struktur secara global yang mencakup perpindahan

ntuan piranti lunak (*software*) komputer yang canggih. *Software* ini
dat memodelkan seluruh elemen tersebut.

2. Pengumpulan Data

2.1. Data Struktur

Struktur Hang Tuah merupakan bangunan lepas pantai jenis
MOgPU (*Moveable Gas Production Unit*) yang termasuk dalam struktur
Jack-Up. Spesifikasi dari struktur Hang Tuah MOgPU ini adalah sebagai
berikut :

Jenis struktur : *Jack-up* 4 kaki

Type kaki : 3 *chord*

Type *brace* : K *brace*

Panjang kaki : 110,5 m

Jumlah *bay* : 15 bay

Ukuran geladak : 80 m x 38 m

Anodes :

Tabel 3.1. Data Anodes (*Cathodic Protection*)

JUMLAH	BERAT (kg)	BERAT TOTAL (kg)
576	148	85248

Tabel 3.2. Ukuran Chord (gambar 3.3) Struktur Hang Tuah MOgPU

O	ELEVASI (m)	DIAMETER LUAR (OD) (m)	THICKNESS (m)
1	-83,1 s/d -71,5 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,044 0,05
2	-71,5 s/d -62,9 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,035
3	-62,9 s/d -54,3 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
4	-54,3 s/d -45,7 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
5	-45,7 s/d -37,1 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
6	-37,1 s/d -28,5 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
7	-28,5 s/d -19,9 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
8	-19,9 s/d -11,3 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,03
9	-11,3 s/d -2,7 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,035
0	-2,7 s/d +5,9 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,044
1	+5,9 s/d +12,4 ▪ Chord 1 ▪ Chord 2 & 3	1,000 1,000	0,03 0,06
2	+12,4 s/d +18,9 ▪ Chord 1	1,000	0,03

2. Data Lingkungan

Kondisi lingkungan tempat beroperasinya bangunan lepas pantai sangat mempengaruhi kinerja struktur, maka data lingkungan sangat penting. Data lingkungan di perairan Natuna tempat beroperasinya struktur Hang Tuah MOgPU ini adalah sebagai berikut :

Lokasi : Perairan Natuna Block "B"

Koordinat : E $5^{\circ}44',225$

N $4^{\circ}58',673$

Kedalaman : 83,1 m

Data gelombang :

Tabel 3.3. Data Gelombang

DIREKSI ANGIN UTARA DARI TRANSFORM	KONDISI GELOMBANG			
	Kondisi Operasional (1 year events)		Kondisi Badai (100 year events)	
	Tinggi (m)	Periode (sec)	Tinggi (m)	Periode (sec)
Utara (N)	4.9	7.8	9.2	9.8
Utara-tenggara (NE)	4.9	7.8	9.2	9.8
Tenggara (E)	2.0	5.1	3.4	6.7
Tenggara-selatan (SE)	3.2	6.5	6.0	8.5
Selatan (S)	4.9	7.8	9.2	9.8
Selatan-barat (SW)	4.9	7.8	9.2	9.8
Barat (W)	2.0	5.1	3.8	7.1
Barat-laut (NW)	3.2	6.5	6.0	8.5

Desain water depth :

Tabel 3.4. Desain Water Depth

MAX WATER LEVEL (m)	BASE SETTLEMENT (m)	DEPTH TOLERANCE (m)	MSL (m)	DESIGN WATER DEPTH (m)
2.0	0.6	1.5	83.1	87.2

Number: Hang Tuah Platform – Weight Control Report (September 2002)

Koefisien hidrodinamis :

Tabel 3.5. Data Koefisien Hidrodinamis

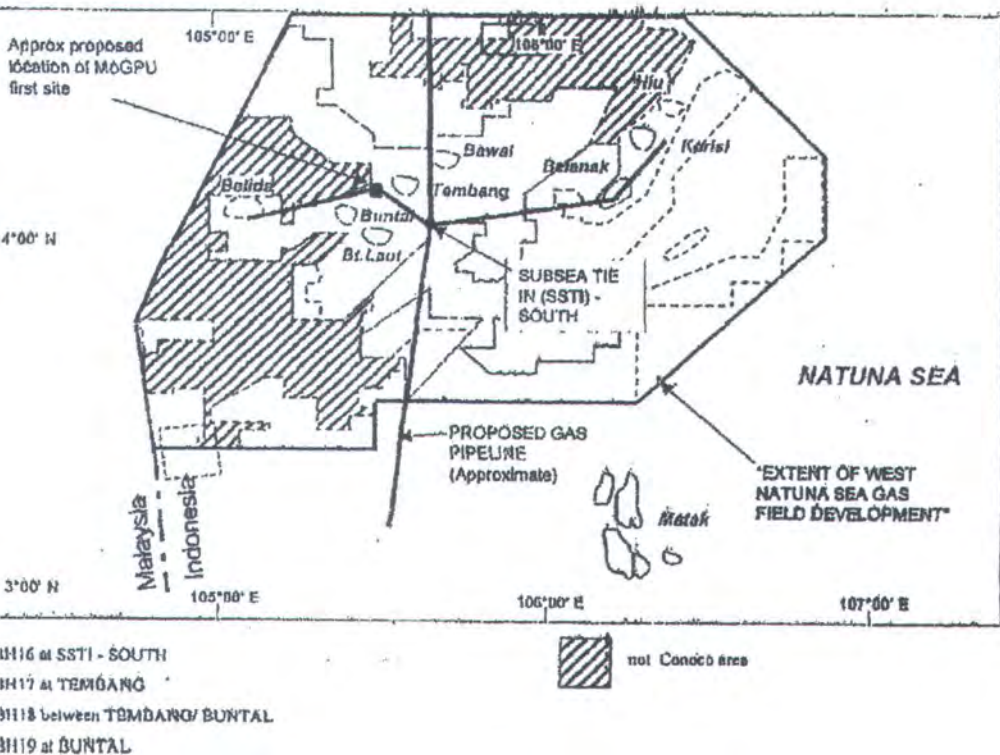
ELEVASI (m)	VERTICAL MEMBER		OTHER MEMBER	
	C _D	C _M	C _D	C _M
+5.9 to +11.650	0.65	1.6	0.65	2.0
-5.9 to -83.1	1.05	1.2	1.05	2.0

Number: Hang Tuah Platform – Weight Control Report (September 2002)

Marine Growth :

Tabel 3.6. Data Marine Growth

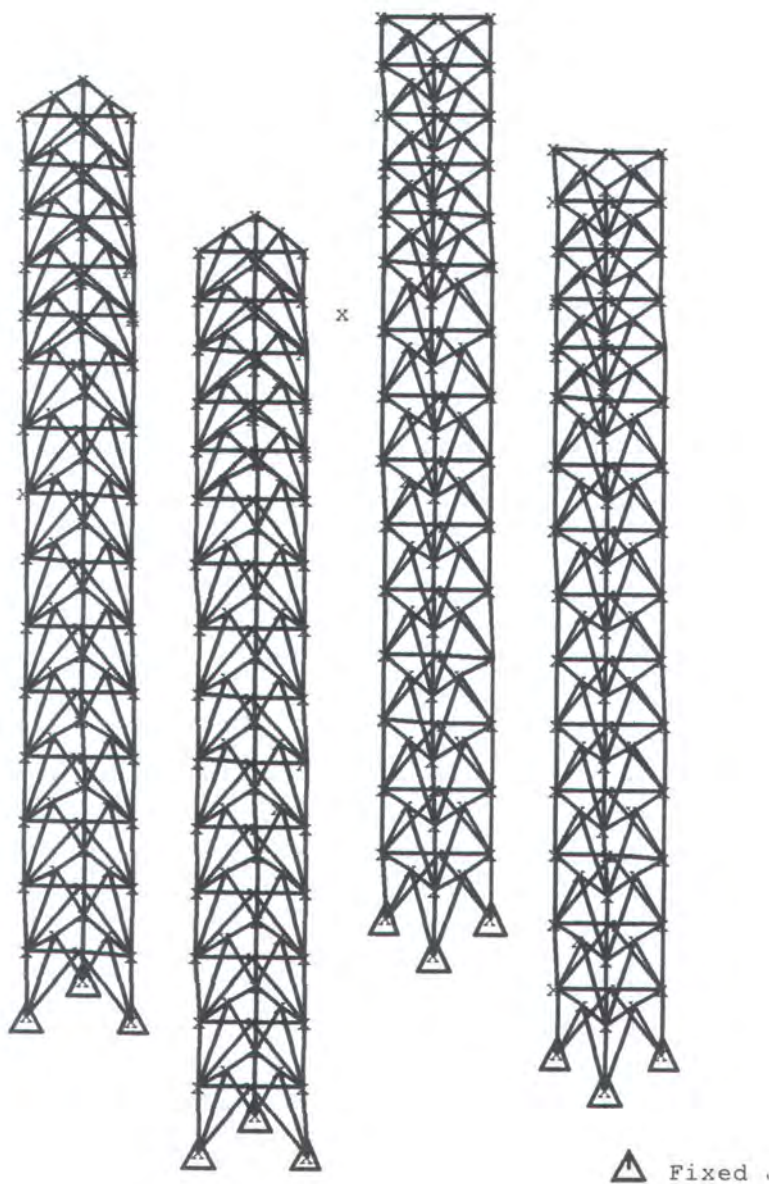
ELEVASI (m)	RADIAL GROWTH (m)
0 to +2	0.05
0 to -4.6	0.089
-4.6 to -9.1	0.102
9.1 to 18.3	0.076
18.3 to 30.5	0.064



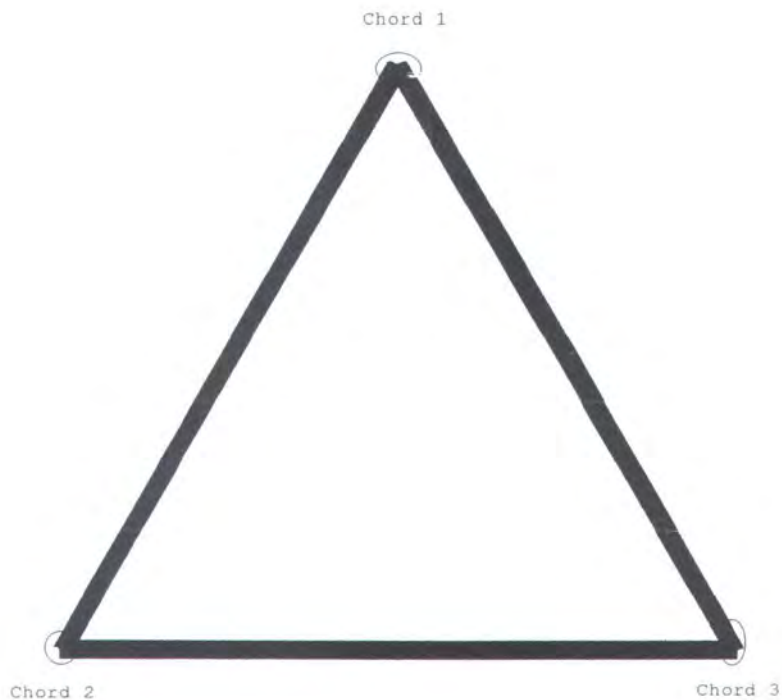
Gambar 3.1. Lokasi Struktur Hang Tuah MOGPU (ACE MOGPU for West Natuna, Doc. 84502-5000-6D-01-0)

3. Pemodelan Struktur Hang Tuah MOGPU

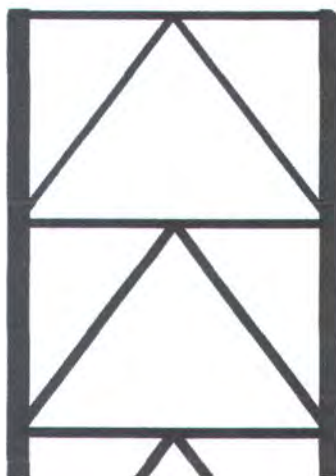
Pemodelan struktur ini sesuai dengan data yang didapat baik dalam bentuk gambar maupun dalam bentuk laporan. Pemodelan struktur menggunakan bantuan *software* GT Strudl dan GT Selos. *Software* ini merupakan salah satu *software* struktur yang berdasarkan *finite element method* (FEM). Bentuk model detail dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Model Detail Struktur Hang Tuah MogPU



Gambar 3.3. Model *Chord* (3 *Chord*) Struktur Hang Tuah MOgPU





3.1. Pemodelan Struktur Kaki

Struktur kaki untuk struktur Hang Tuah MOgPU ini dimodelkan cara *detail model* (gambar 3.2) sesuai dengan data gambar yang ada. Kaki *jack-up* bagian bawah dibuat sebagai tumpuan *fixed*, hal ini dimaksudkan sebagai pengganti pondasi struktur yang berbentuk *base*. Pemodelan struktur kaki ini menggunakan bantuan *software* GT Strudl. Input data yang dimasukkan untuk pemodelan struktur kaki ini adalah :

Dimensi kaki, yang terdiri dari :

- Panjang kaki
- Diameter luar (O.D.) *chord*
- Diameter luar (O.D.) *brace* (*horizontal* dan *diagonal*)
- Tebal *chord*
- Tebal *brace* (*horizontal* dan *diagonal*)
- Jarak tiap *bay*

Material

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| a. Jenis | : baja type A36 |
| b. E (modulus Young) | : 2.0389E+7 MT/m ² |
| c. G | : 7.7337E+6 MT/m ² |
| d. Densitas | : 7.84173 MT/m ³ |



Model dengan *rigid body* ini terbentuk dari 2 (dua) bagian *joint*, yaitu *master joint* dan *slave joint*. *Master joint* adalah merupakan titik berat benda *rigid*, sedangkan *slave joint* adalah *joint-joint* pembentuk benda *rigid*. *Master joint* pada pemodelan struktur Hang Tuah MOgPU terletak pada titik berat struktur, yaitu tepat di tengah-tengah struktur, sehingga beban pada struktur geladak terbagi sama besar pada tiap kakinya. *Slave joint* pada pemodelan struktur Hang Tuah MOgPU ini terletak pada titik *connection deck-leg* di kaki struktur. Pemodelan struktur geladak ini menggunakan bantuan *software* GT Strudl, dengan input data yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Jenis *rigid body* : *rigid solid*
2. *Slave Joint*
3. *Master Joint*

3.3. Pemodelan Struktur Pondasi

Pondasi struktur Hang Tuah MOgPU menggunakan pondasi *base*. Model pondasi ini diletakkan meletak pada dasar laut dan menjepit kaki *pick-up*. Pada penelitian ini struktur pondasi tidak dimodelkan secara detail. Pondasi struktur Hang Tuah MOgPU dimodelkan sebagai tumpuan



bel 3.7). Beban vertikal ini dimodelkan sebagai beban terpusat pada *master joint* yang terletak pada titik tengah *rigid body*. Beban vertikal ini oleh *master joint* akan didistribusikan secara merata pada tiap kaki struktur, sehingga besar beban yang diterima oleh masing-masing kaki adalah sama.

Tabel 3.7. Data Beban *Payload* (Vertikal)

NO	JENIS BEBAN	BERAT (tonnes)
1	Deck	3062
2	Topside (dry)	3400
3	Topside (operating)	4750
4	Live load	300

Sumber: *Hang Tuah Platform – Weight Control Report (September 2002)*

Beban vertikal serta besar beban yang dipakai pada pemodelan untuk masing-masing analisis berbeda tergantung pada kondisi yang dipakai. Pemodelan beban vertikal ini menggunakan bantuan *software* GT *Model*. Pemodelan beban vertikal untuk tiap kondisi analisis dapat dilihat pada tabel 3.8 sampai tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3.8. Beban Vertikal untuk Perhitungan Frekuensi Natural

Tabel 3.9. Beban Vertikal untuk Analisis pada Kondisi Operasional

NO	JENIS BEBAN	BERAT (tonnes)
1	Deck	3062
2	Topside weight (operating)	4750
3	Live Load	300
TOTAL		8112

Tabel 3.10. Beban Vertikal untuk Analisis pada Kondisi Badai

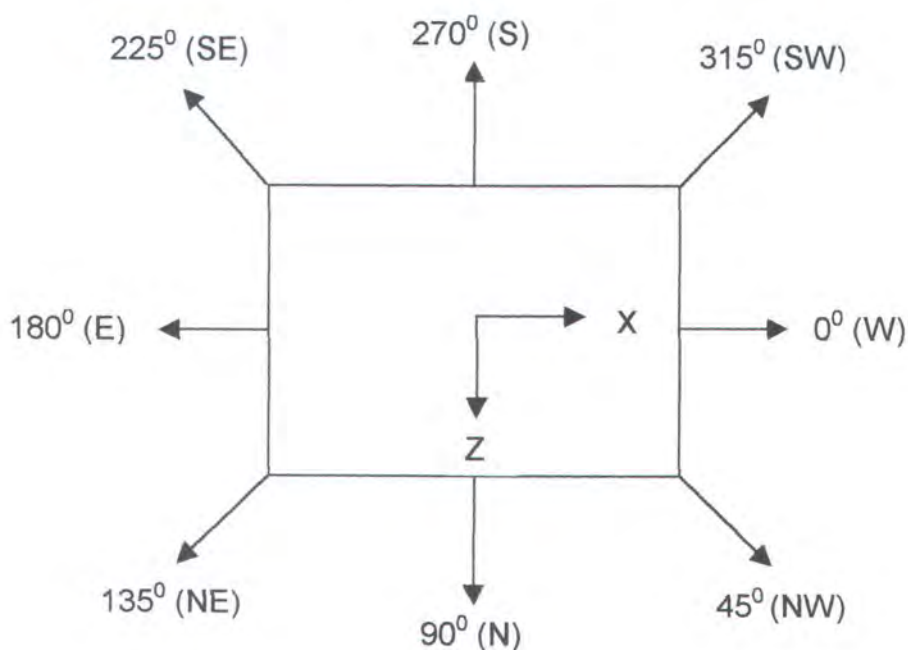
NO	JENIS BEBAN	BERAT (tonnes)
1	Deck	3062
2	Topside weight (dry)	3400
3	Live Load	300
TOTAL		6762

4.2. Pemodelan Beban Dinamis

Beban dinamis yang dipakai adalah beban gelombang dalam 8 (delapan) arah mata angin dengan *increment* sudut sebesar 45^0 untuk kondisi operasional dan kondisi badai (*ekstrem*). Pemodelan untuk beban gelombang ini menggunakan bantuan *software* GT Selos. Parameter gelombang yang dimasukkan sebagai input data untuk pemodelan beban dinamis ini adalah sebagai berikut :



Pemodelan beban dinamis selain memasukkan parameter gelombang juga memperhitungkan adanya massa tambah (*added mass*). Pemodelan *added mass* menggunakan bantuan software GT Selos. Hasil dari pemodelan *added mass* ini dapat dilihat pada tabel 3.11. Output yang didapatkan dari pemodelan beban dinamis pada software GT Selos dimasukkan sebagai input data ke software GT Strudl untuk keperluan analisis lebih lanjut. Orientasi pemodelan arah beban gelombang dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini :





Sumber : Hasil Pemodelan

4.2.1. Penentuan Teori Gelombang

Langkah awal perhitungan beban gelombang adalah menentukan terlebih dahulu teori gelombang yang sesuai dengan kondisi di lingkungan lokasi. Teori gelombang di perairan Natuna dicheck berdasarkan perhitungan dengan menggunakan grafik *region of validity* pada gambar 3. Berdasarkan data lingkungan yang ada maka didapatkan nilai :

$$\frac{H}{L} = \frac{83,1}{9,81(7,8)^2} = 0,139$$

$$\frac{H}{L} = \frac{4,9}{9,81(7,8)^2} = 0,0082$$

Berdasarkan nilai diatas maka teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang Stokes orde 5.

4.2.2. Perhitungan Beban Gelombang

Perhitungan beban gelombang ini menggunakan bantuan *software* Selos dengan berdasarkan pada teori Morrison. Perhitungan beban gelombang pada silinder tegak menggunakan rumus pada persamaan 10 sebagai berikut :

$$F_{wp} = \int_0^z (F_d + F_i) dz$$

2.3. Perhitungan Spektra Gelombang

Spektra gelombang yang digunakan adalah spektra gelombang JONSWAP. Spektra gelombang JONSWAP merupakan gambaran kondisi gelombang pada Laut Utara, sehingga agar spektra ini dapat diterapkan untuk menggambarkan kondisi di perairan Natuna maka diperlukan penyesuaian atau koreksi. Penyesuaian ini dilakukan dengan mengambil faktor $\gamma = 2,0$ (berdasarkan pada data lingkungan FPSO Belanak – NOKO). Perhitungan spektra gelombang ini menggunakan persamaan 2.19. Hasil perhitungan spektra gelombang dapat dilihat pada lampiran C.

3. Analisis Pemodelan Struktur

Analisis dilakukan dalam 2 (dua) tahap, yaitu yang pertama analisis untuk mencari frekuensi natural struktur dan yang kedua adalah analisis dinamis dengan domain frekuensi. Frekuensi natural struktur merupakan frekuensi struktur itu sendiri tanpa dipengaruhi oleh beban luar yang dihitung berdasarkan persamaan 2.35 dengan bantuan *software* GT STRUDL.

Analisis dinamis dilakukan pada 2 (dua) kondisi gelombang, yaitu



Output yang dihasilkan dari analisis adalah frekuensi natural struktur, *displacement* dan tegangan. Output yang didapatkan (*displacement* dan tegangan) dicek dengan menggunakan standar perancangan API RP2A WSD 21 ed. Langkah selanjutnya adalah merepresentasikan *displacement* dan tegangan ini kedalam bentuk spektra. *Response spectra* ini dibuat berdasarkan teori dan perumusan pada persamaan 2.65. Berdasarkan *response spectra* tersebut maka dapat diketahui nilai dari respon ekstrem dari tiap-tiap arah gelombang pada kondisi operasional dan badai sesuai dengan persamaan 2.66 dan persamaan 2.67.

sembar mungkin tiada makna
tapi bagiku sembar berarti selaksa
rimu lambang keakraban
rimu kutemukan ketegaran
rimu tercurah harapan
aku
nyanya satu cita pasti
aku PETA dan lestari



BAB IV

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

. Analisis Hasil

.1. Frekuensi Natural

Frekuensi natural struktur terutama pada bangunan lepas pantai merupakan faktor yang sangat penting untuk diketahui. Hal ini disebabkan karena frekuensi struktur yang hampir sama dengan frekuensi gelombang dapat menyebabkan terjadinya resonansi. Gelombang laut mempunyai periode antara 3 detik sampai dengan 12 detik atau dalam frekuensi antara 0.083 Hz (0.521 rad/sec) sampai dengan 0.33 Hz (2.073 rad/sec). Mengetahuinya nilai frekuensi atau periode natural struktur akan menentukan jenis analisis yang diperlukan, untuk struktur yang mempunyai periode natural lebih dari 3 detik maka analisis dinamis sangat diperlukan.

Frekuensi natural struktur ini sangat dipengaruhi oleh bentuk struktur (massa dan kekakuan). Struktur *jack-up* mempunyai nilai

Tabel 4.1. Frekuensi Natural dan Periode Natural Struktur Hang Tuah MOgPU dalam 10 *Mode Shape*

MODE SHAPE	FREKUENSI NATURAL (Hz)	FREKUENSI NATURAL (rad/sec)	PERIODE NATURAL (sec)
1	0.22496	1.41347	4.44519
2	0.27150	1.70589	3.68322
3	0.51112	3.21146	1.95648
4	1.61762	10.16383	0.61819
5	1.70173	10.69232	0.58763
6	1.73656	10.91113	0.57585
7	1.74056	10.93628	0.57452
8	1.82422	11.46194	0.54817
9	1.87284	11.76742	0.53394
10	1.89634	11.91504	0.52733

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas, maka dapat diketahui bahwa Struktur Hang Tuah MOgPU mempunyai frekuensi natural minimum sebesar 0.225 Hz atau 1.413 rad/sec dan periode natural maksimum struktur sebesar 4.445 detik. Periode natural maksimum ini terjadi pada *mode shape* 1. Nilai frekuensi natural struktur Hang Tuah MOgPU ini berada pada range frekuensi gelombang atau periode natural struktur lebih besar dari 3 detik. Hal ini menunjukkan bahwa analisis dinamis pada

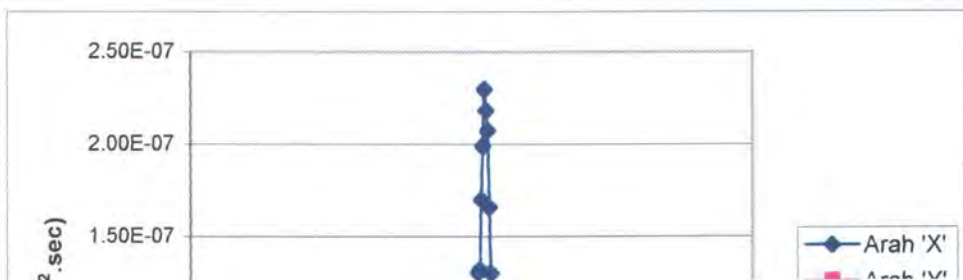
Amis ini direpresentasikan dalam bentuk *response spectra* dengan fungsi frekuensi. Hasil akhir dari perhitungan *response spectra* ini adalah tiga respon ekstrem yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3%, ruang tidak terlampaui 99% dan 95% selama waktu operasinya (pada frekuensi 0.1 sampai 3.0 rad/sec).

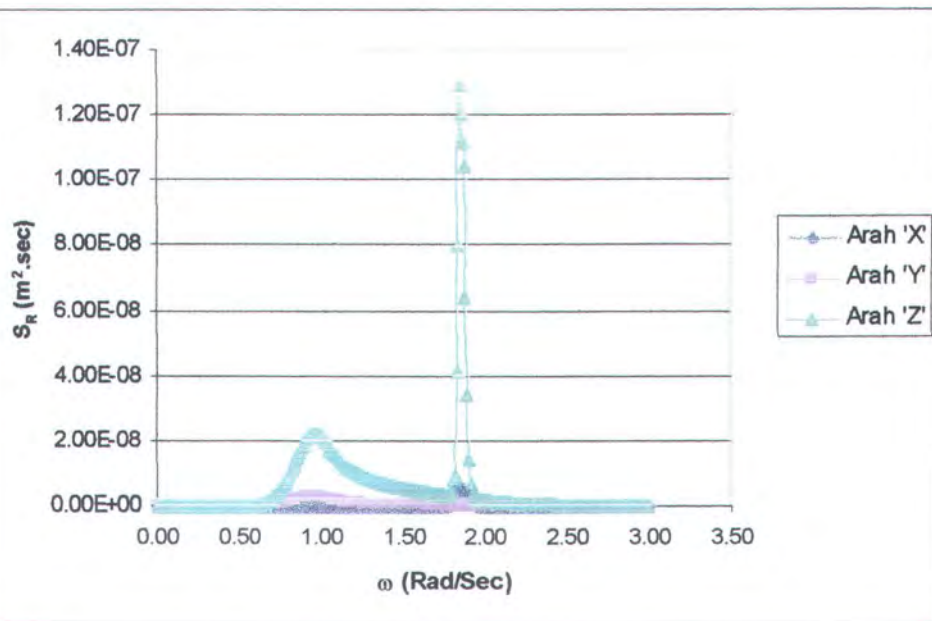
Analisis untuk respon *displacement* ditinjau dalam arah translasi yang terdiri dari arah surge 'X', heave 'Y' dan sway 'Z'. Analisis untuk respon tegangan yang ditinjau adalah tegangan kombinasi pada member yang memiliki nilai *stress ratio* terbesar.

2.1. Displacement

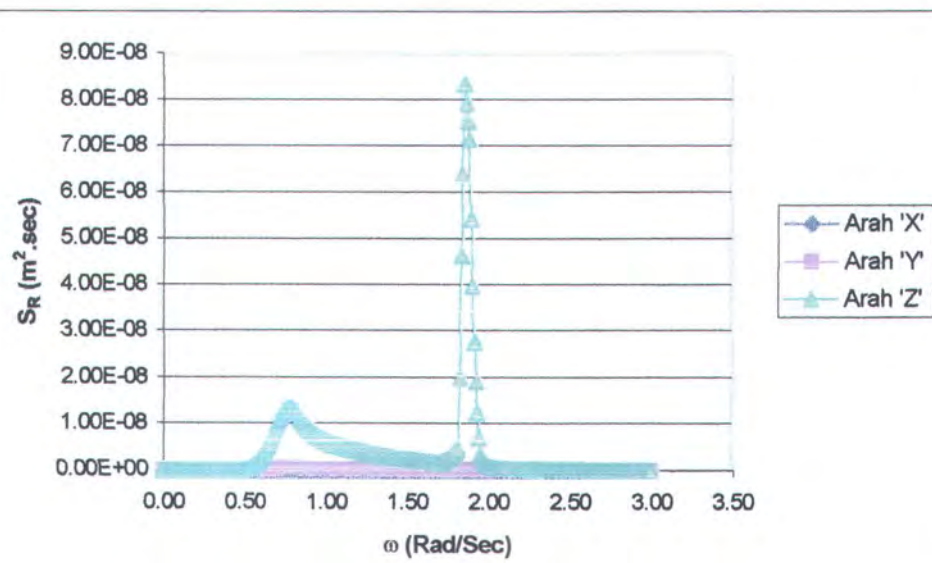
2.1.1. Displacement pada Kondisi Operasional

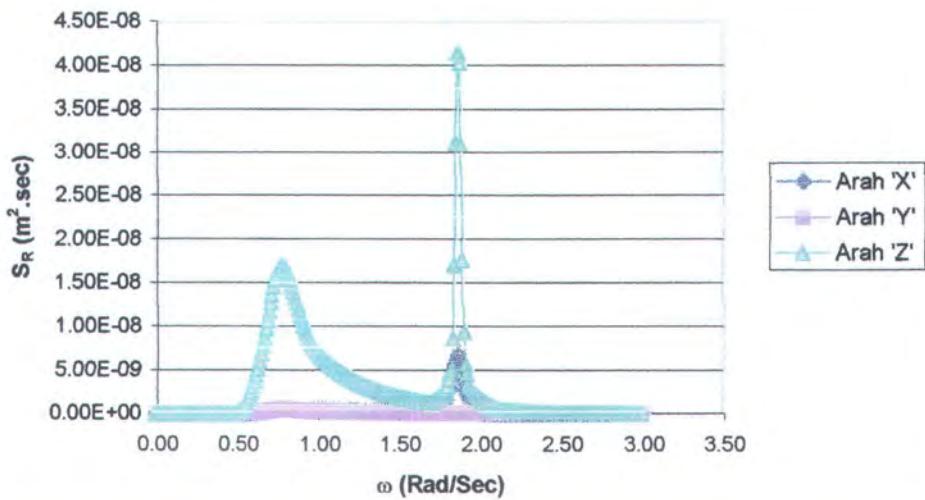
Displacement dalam bentuk *response spectra* dengan fungsi frekuensi yang terjadi akibat eksitasi gelombang pada kondisi operasional dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan 4.8 sebagai berikut :



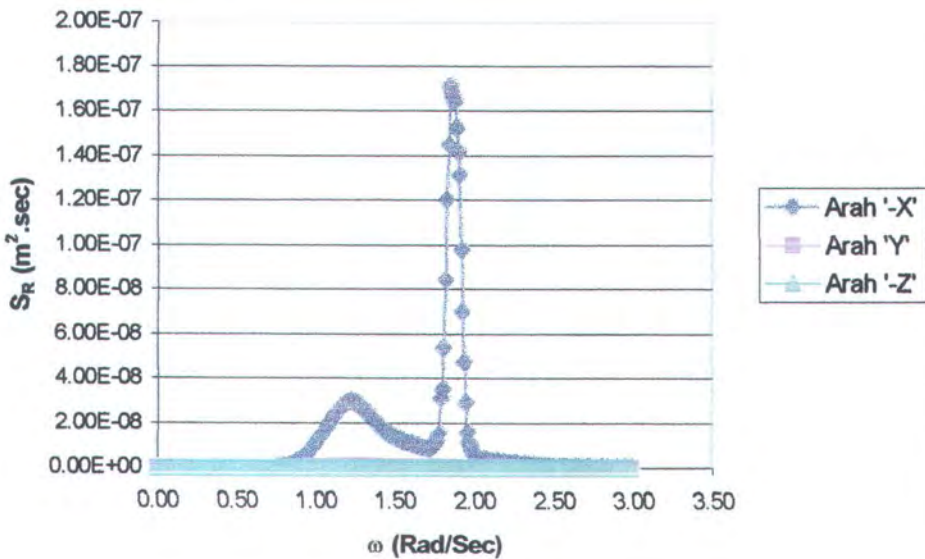


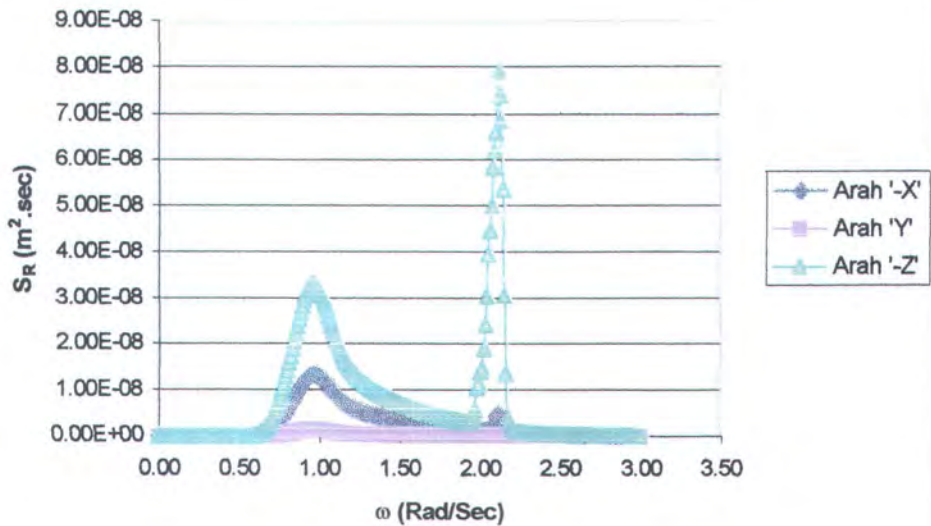
gambar 4.2. Spektra Displacement Akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat Laut (45°)



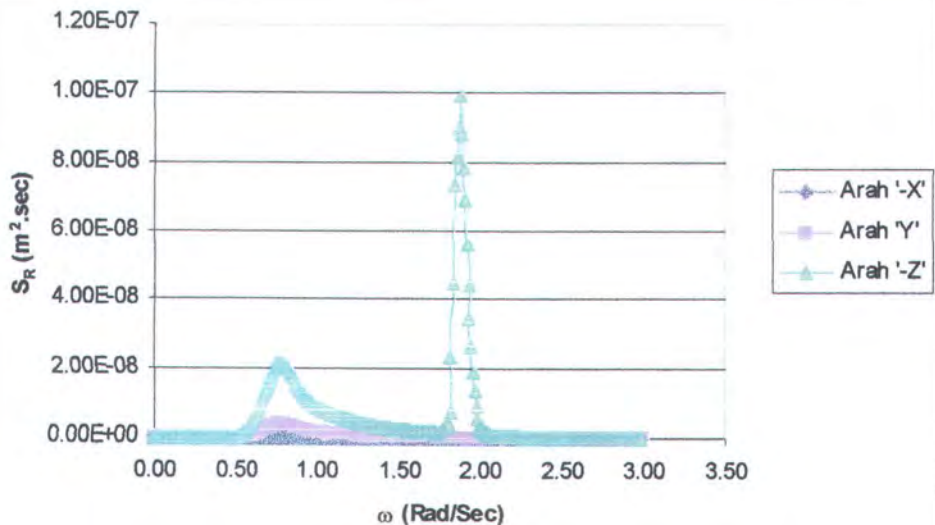


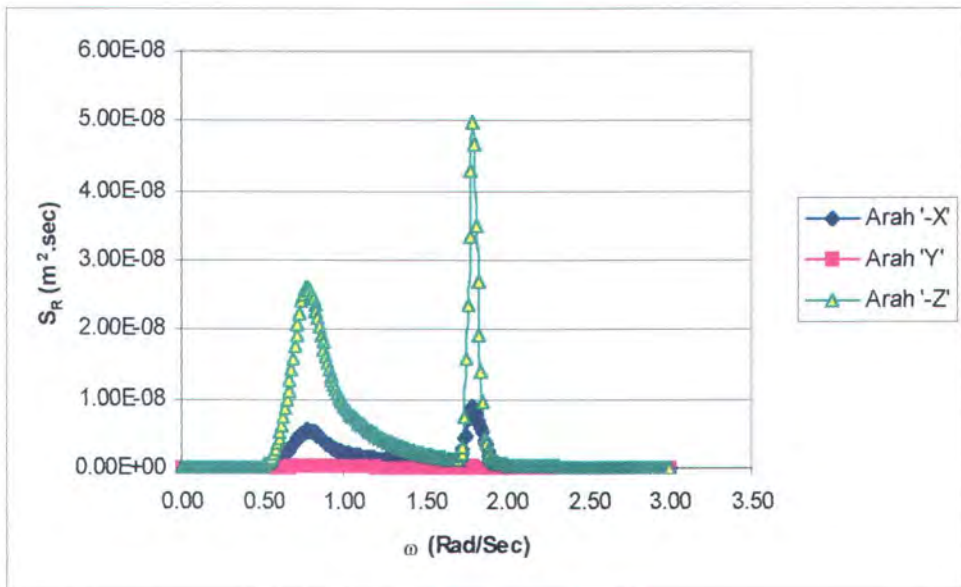
ambar 4.4. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Timur Laut (135°)





Gambar 4.6. Spektra Displacement Akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Tenggara (225°)



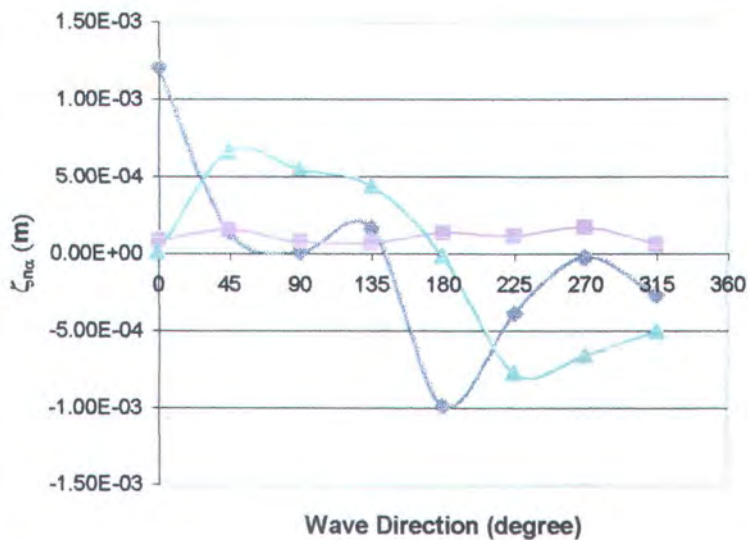


Gambar 4.8. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat Daya (315°)

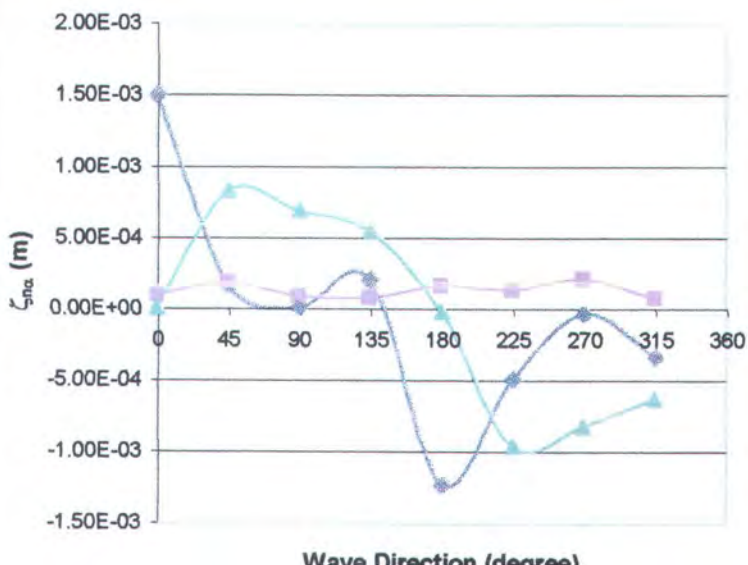
Berdasarkan hasil dari perhitungan respon spektra *displacement* pada kondisi operasional dari struktur Hang Tuah MOGPU, maka dapat ditugaskan besar *displacement* ekstrem yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3%, peluang tidak terlampaui 95% dan 99%. Hasil dari perhitungan *displacement* ekstrem pada kondisi operasional tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.9 sampai dengan gambar 4.11 berikut ini :

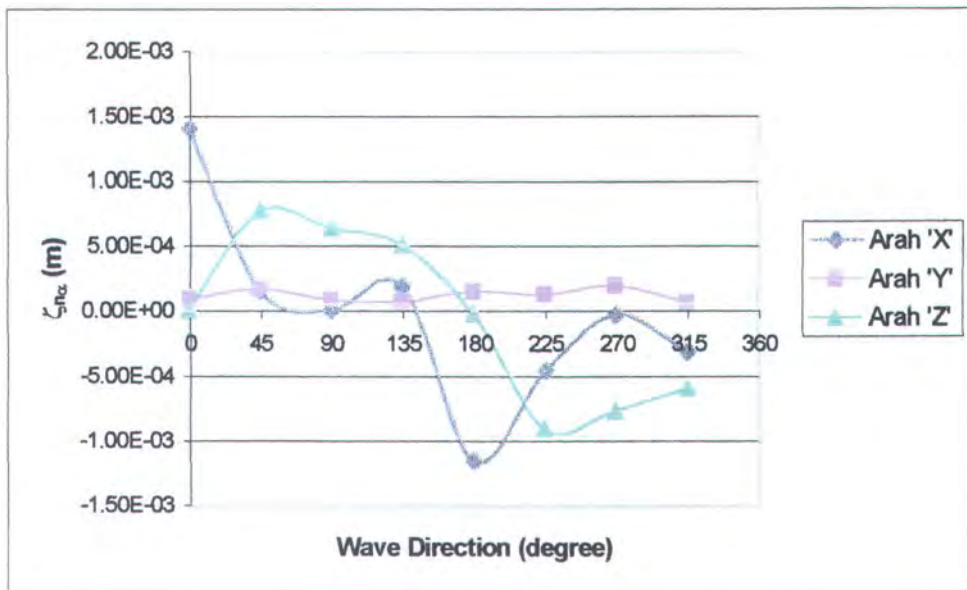
bel 4.2. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%

DIRECTION		EXTREME DISPLACEMENT (m)		
		62.30%	95%	99%
WEST (0°)	X	1.2065E-03	1.4089E-03	1.5065E-03
	Y	8.7927E-05	1.0267E-04	1.0977E-04
	Z	1.0602E-05	1.2395E-05	1.3258E-05
ORTH-WEST (45°)	X	1.4226E-04	1.6583E-04	1.7721E-04
	Y	1.5815E-04	1.8495E-04	1.9786E-04
	Z	6.7112E-04	7.8317E-04	8.3719E-04
NORTH (90°)	X	1.1771E-05	1.3763E-05	1.4722E-05
	Y	8.2158E-05	9.6057E-05	1.0275E-04
	Z	5.5669E-04	6.4953E-04	6.9429E-04
ORTH-EAST (135°)	X	1.6715E-04	1.9494E-04	2.0835E-04
	Y	7.4281E-05	8.6847E-05	9.2899E-05
	Z	4.4202E-04	5.1629E-04	5.5207E-04
EAST (180°)	- X	9.8402E-04	1.1475E-03	1.2264E-03
	Y	1.3747E-04	1.6044E-04	1.7151E-04
	- Z	9.4934E-06	1.1069E-05	1.1830E-05
OUTH-EAST (225°)	- X	3.8724E-04	4.5240E-04	4.8380E-04
	Y	1.1622E-04	1.3585E-04	1.4531E-04
	- Z	7.6774E-04	8.9561E-04	9.5728E-04
SOUTH (270°)	- X	2.2741E-05	2.6557E-05	2.8396E-05
	Y	1.7392E-04	2.0349E-04	2.1773E-04
	- Z	6.5359E-04	7.6258E-04	8.1514E-04
OUTH-WEST (315°)	- X	2.6706E-04	3.1188E-04	3.3348E-04
	Y	6.5566E-05	7.6652E-05	8.1991E-05
	- Z	4.9835E-04	5.8231E-04	6.2276E-04



Gambar 4.9. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%



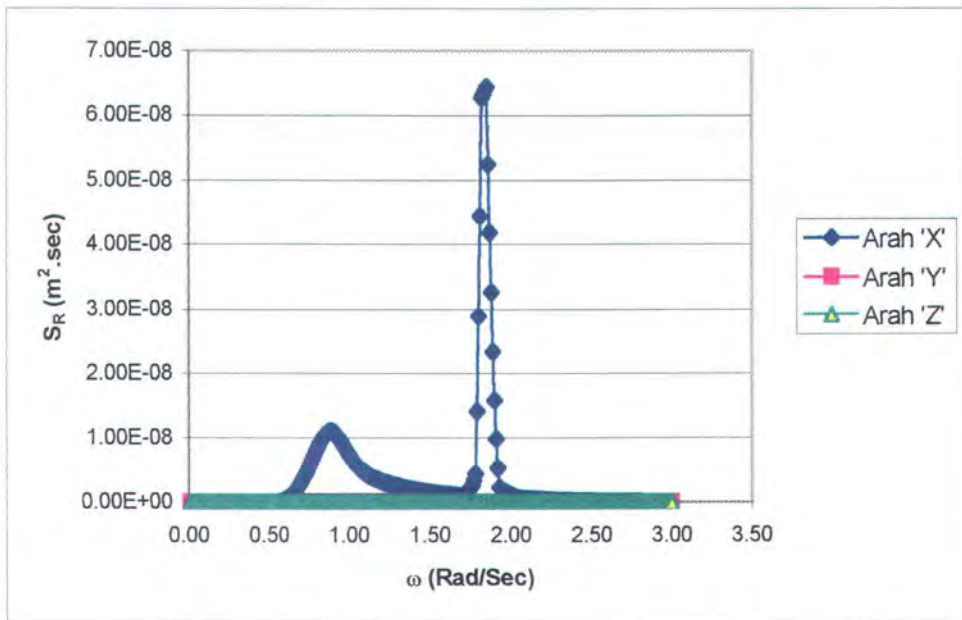


Gambar 4.11. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Terjadi akibat Beban gelombang pada Kondisi Operasional dengan Peluang Tidak Terlampaui 95%

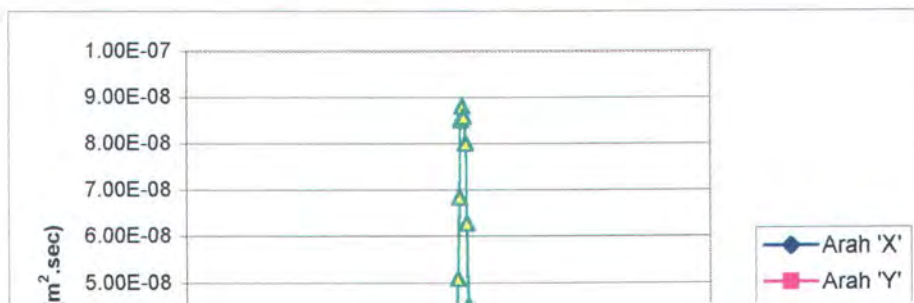
Berdasarkan tabel 4.2 di atas dapat diketahui bahwa pada kondisi operasional, *displacement* ekstrem maksimum yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3% adalah pada arah surge 'X' sebesar 0.00124 m akibat beban gelombang pada arah 0° (Barat). *Displacement* ekstrem maksimum yang mungkin terjadi dengan peluang tidak terlampaui 99% adalah pada arah surge 'X' sebesar 0.00151 m akibat beban gelombang pada arah 0° (Barat). *Displacement* ekstrem maksimum yang mungkin

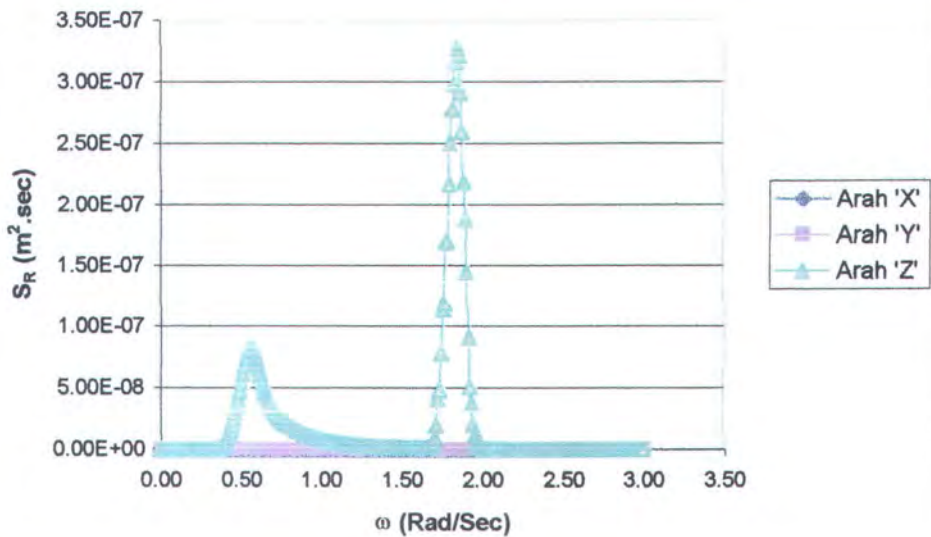
2.1.2. Displacement pada Kondisi Badai

Displacement dalam bentuk *response spectra* dengan fungsi kuensi yang terjadi akibat eksitasi gelombang pada kondisi badai dapat dilihat pada Gambar 4.12 sampai dengan 4.19 sebagai berikut :

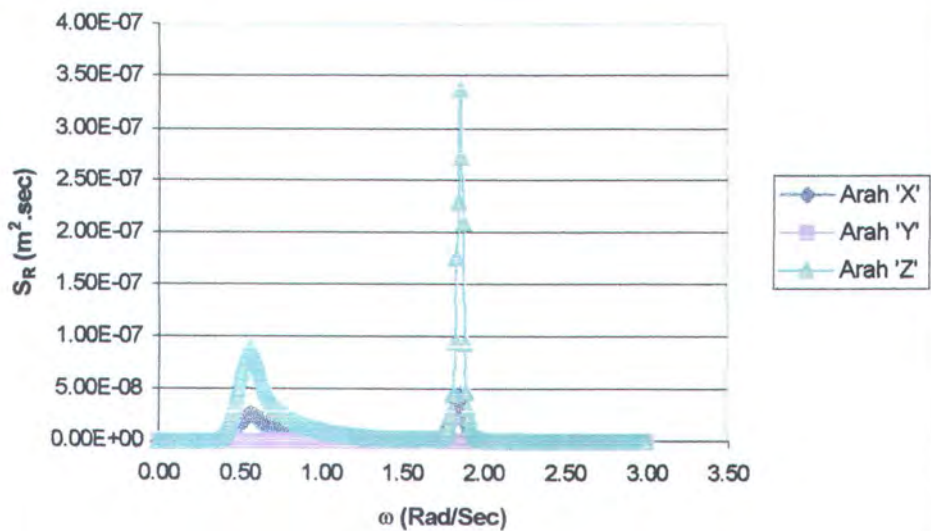


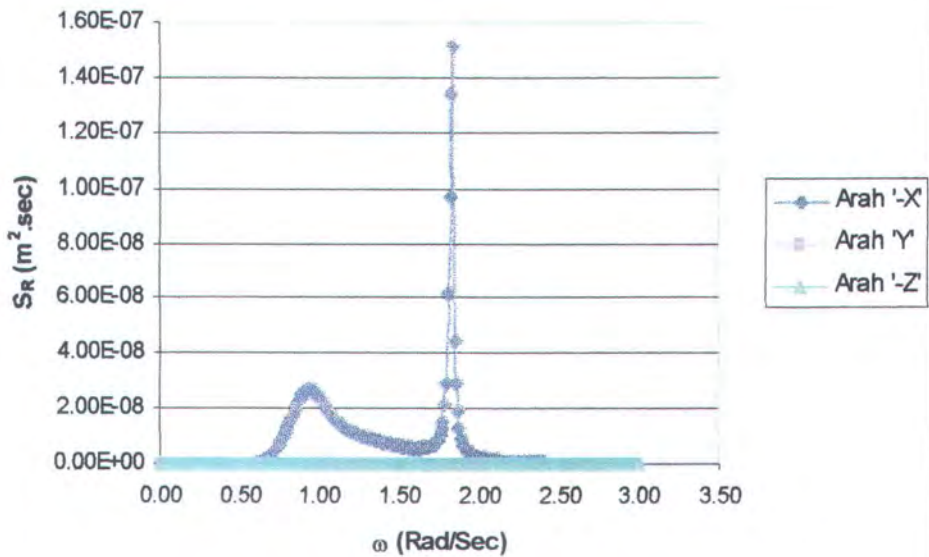
Gambar 4.12. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Kondisi Badai pada Arah Barat (0^0)



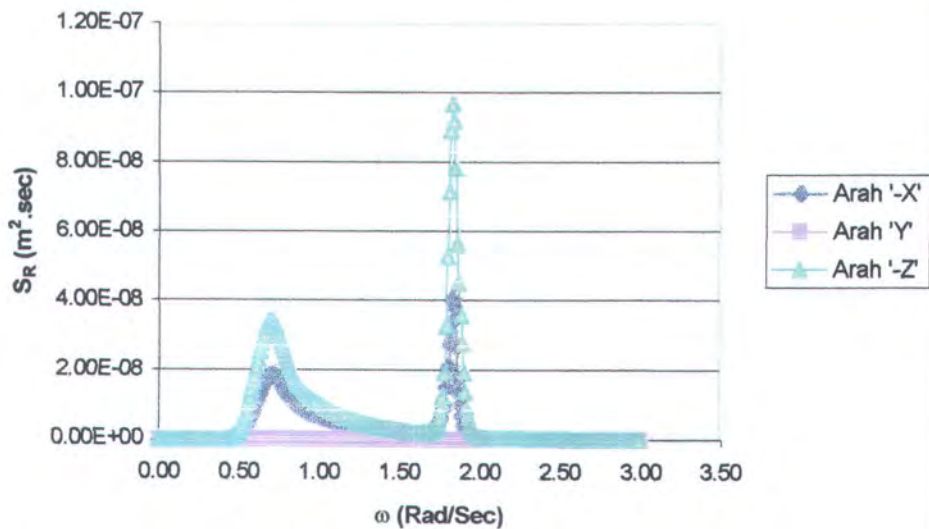


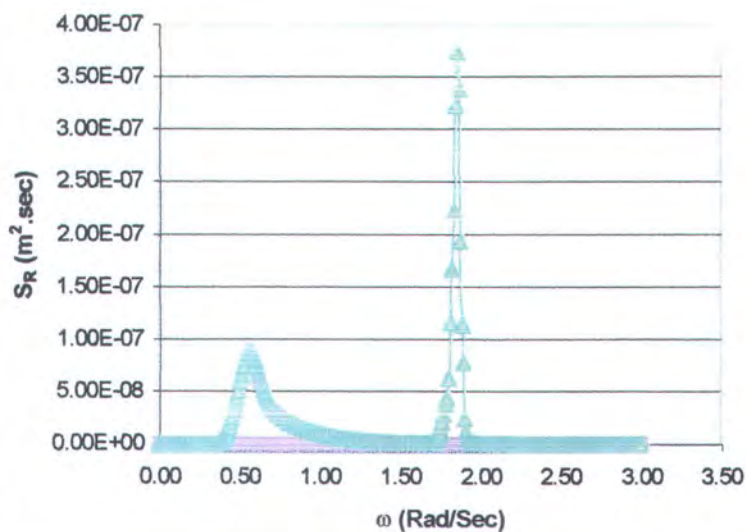
Gambar 4.14. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Kondisi Badai pada Arah Utara (90^0)



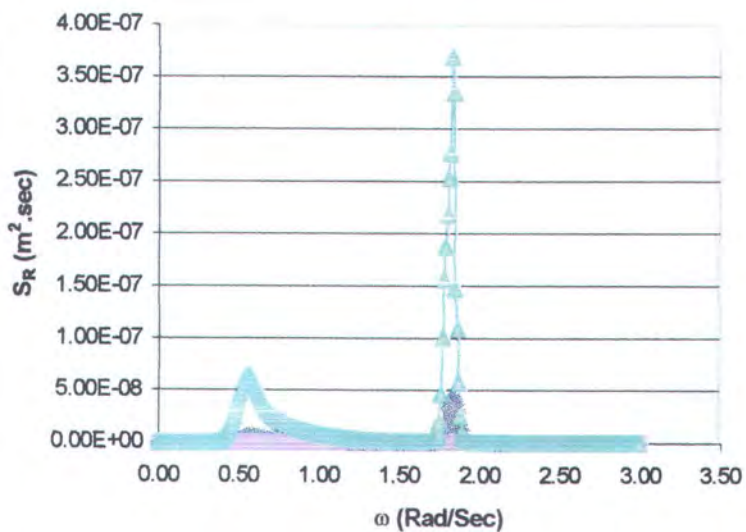


Gambar 4.16. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Kondisi Badai pada Arah Timur (180^0)





Gambar 4.18. Spektra *Displacement* Akibat Beban Gelombang Kondisi Badai pada Arah Selatan (270°)

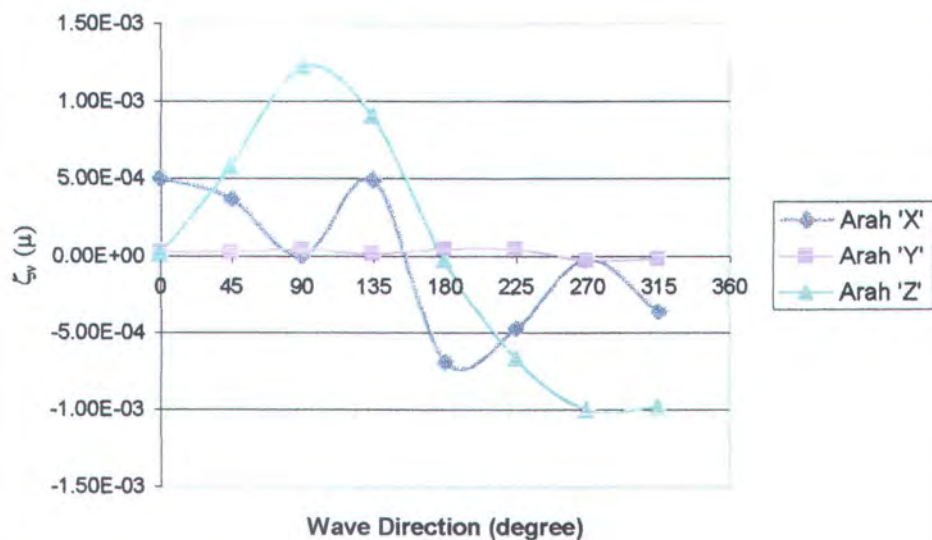




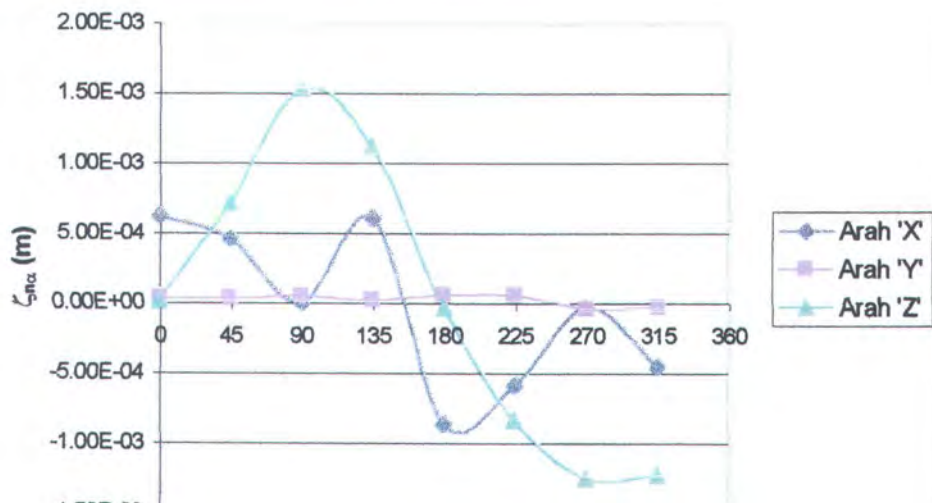
besar *displacement* ekstrem yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3%, peluang tidak terlampaui 95% dan 99%. Hasil dari perhitungan *displacement* ekstrem pada kondisi badai tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.20 sampai dengan gambar 4.22 berikut ini :

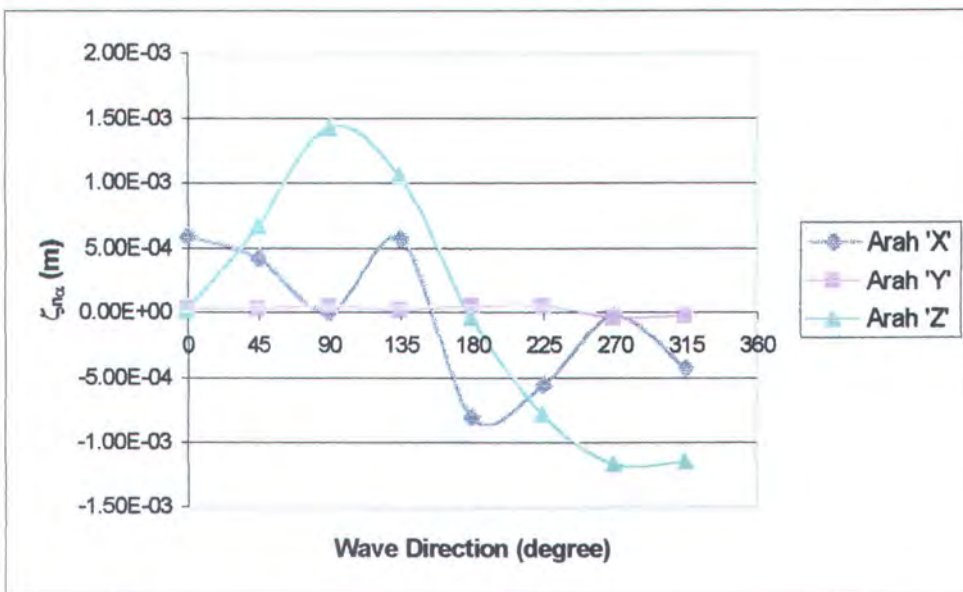
Tabel 4.3. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi Badai dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%

DIRECTION		EXTREME DISPLACEMENT (m)		
		62.30%	95%	99%
WEST (0°)	X	5.0534E-04	5.8958E-04	6.3021E-04
	Y	3.7059E-05	4.3313E-05	4.6325E-05
	Z	1.8314E-05	2.1407E-05	2.2897E-05
NORTH- WEST (45°)	X	3.7074E-04	4.3254E-04	4.6235E-04
	Y	3.4360E-05	4.0145E-05	4.2932E-05
	Z	5.8043E-04	6.7744E-04	7.2421E-04
NORTH (90°)	X	4.5028E-06	5.2710E-06	5.6407E-06
	Y	4.9297E-05	5.7710E-05	6.1758E-05
	Z	1.2323E-03	1.4376E-03	1.5366E-03
NORTH- EAST (135°)	X	4.9169E-04	5.7420E-04	6.1397E-04
	Y	2.4259E-05	2.8399E-05	3.0391E-05
	Z	9.0828E-04	1.0606E-03	1.1340E-03
EAST (180°)	- X	6.8690E-04	8.0192E-04	8.5737E-04
	Y	5.1602E-05	6.0315E-05	6.4512E-05
	- Z	2.4561E-05	2.8701E-05	3.0696E-05
SOUTH- EAST (225°)	- X	4.6847E-04	5.4723E-04	5.8518E-04
	Y	5.1383E-05	6.0128E-05	6.4337E-05
	- Z	6.6262E-04	7.7369E-04	8.2723E-04



Gambar 4.20. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Probabilitas 62.3%





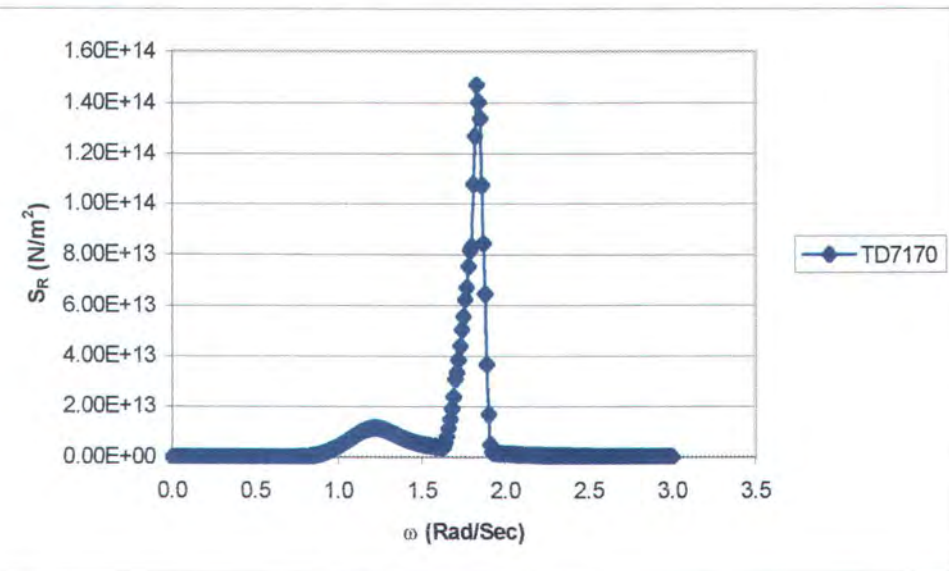
Gambar 4.22. Nilai *Displacement* Ekstrem yang Terjadi akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Peluang Tidak Terlampaui 95%

Berdasarkan tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa pada gelombang dengan kondisi badai, *displacement* ekstrem maksimum yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3% adalah pada arah sway 'Z' sebesar 0.00123 m akibat beban gelombang pada arah 90^0 (Utara). *Displacement* ekstrem maksimum yang mungkin terjadi dengan peluang tak terlampaui 99% adalah pada arah sway 'Z' sebesar 0.00154 m akibat beban gelombang pada arah 90^0 (Utara). *Displacement* ekstrem maksimum yang mungkin terjadi dengan peluang tidak terlampaui 95%

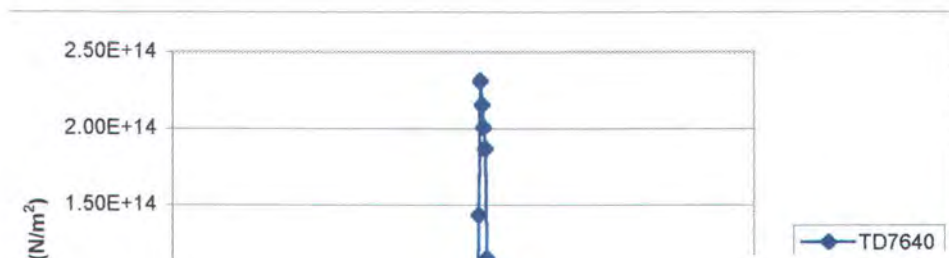
2.2. Tegangan

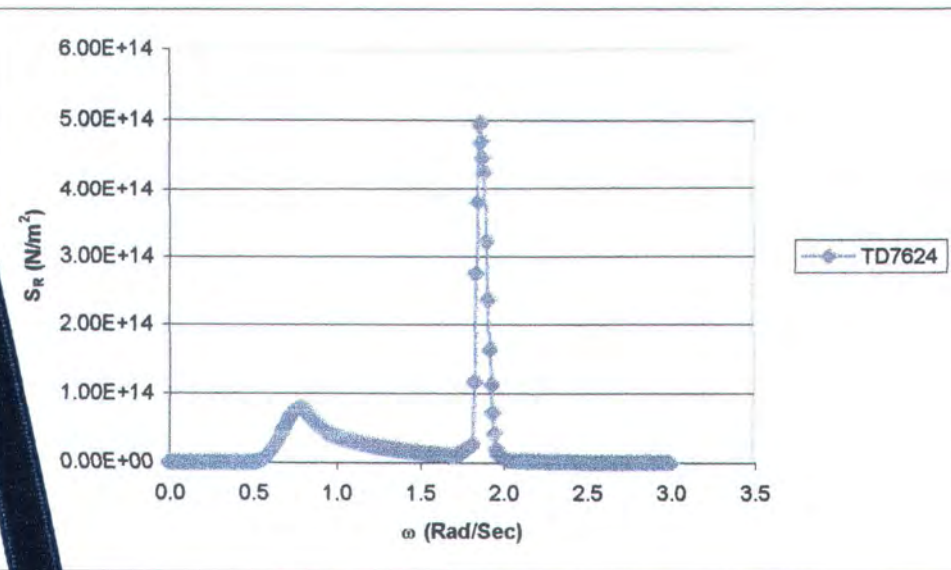
2.2.1. Tegangan pada Kondisi Operasional

Tegangan dalam bentuk *response spectra* dengan fungsi frekuensi yang terjadi akibat eksitasi gelombang pada kondisi operasional dapat dilihat pada Gambar 4.23 sampai dengan 4.30 sebagai berikut :

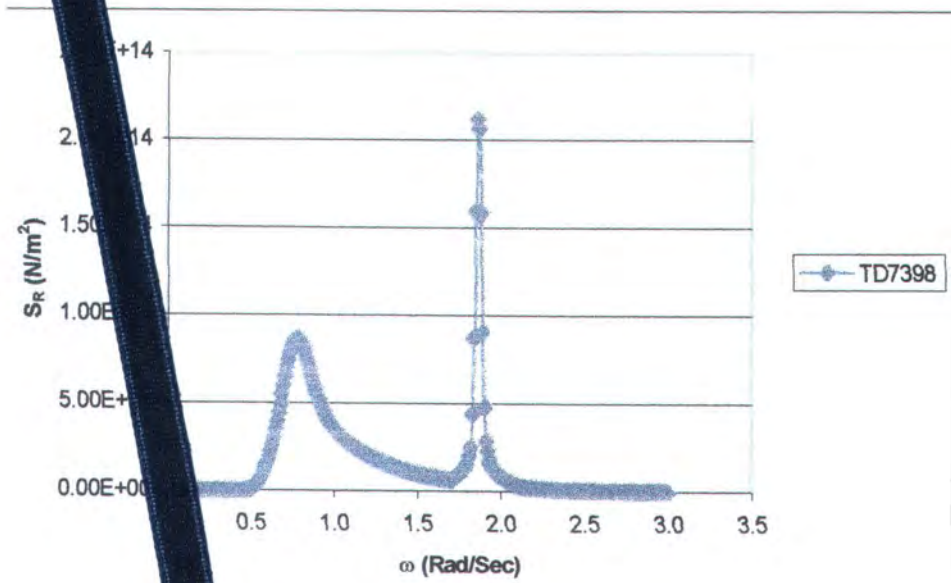


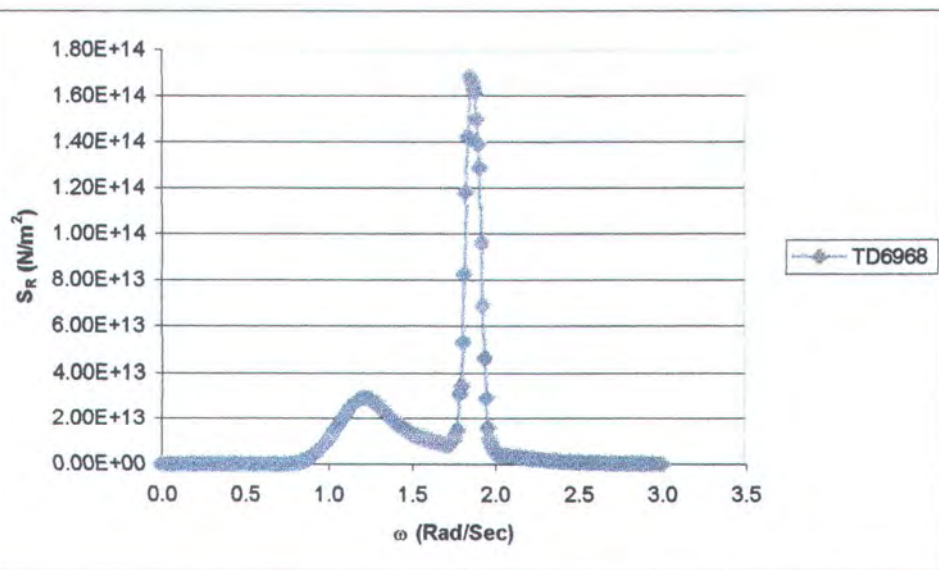
Gambar 4.23. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Barat (0^0)



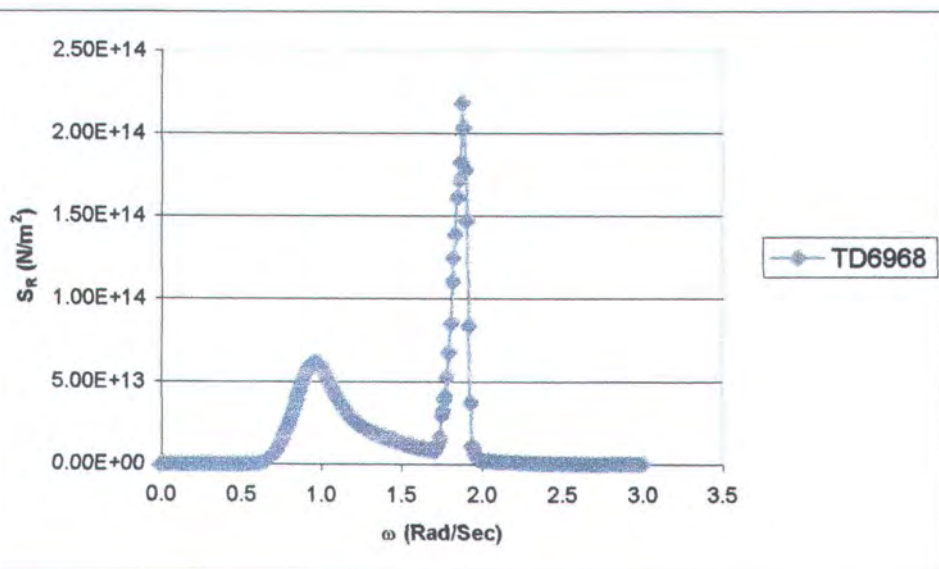


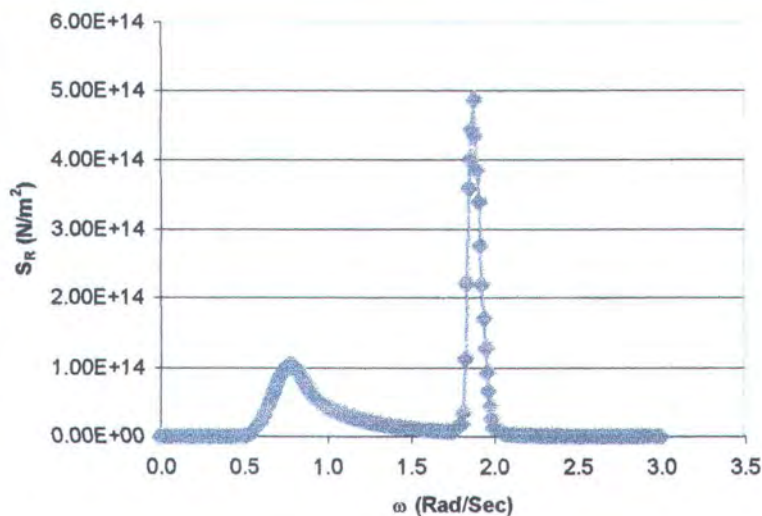
m 4.25. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Utara (90°)



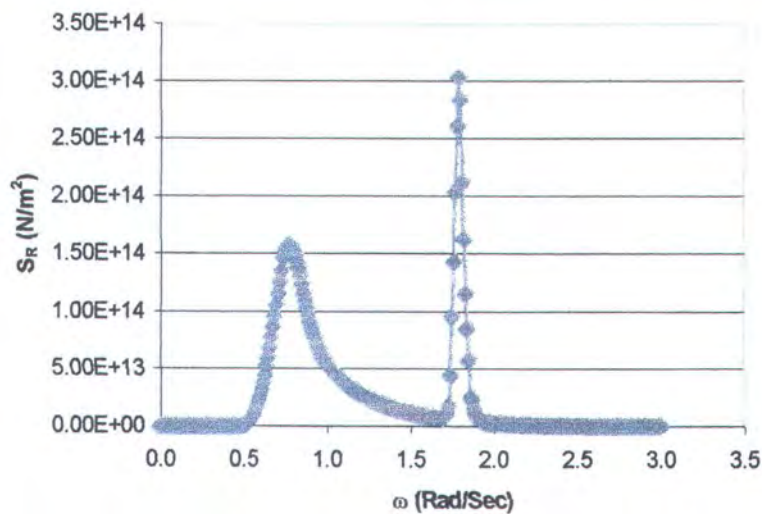


ambar 4.27. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Timur (180°)





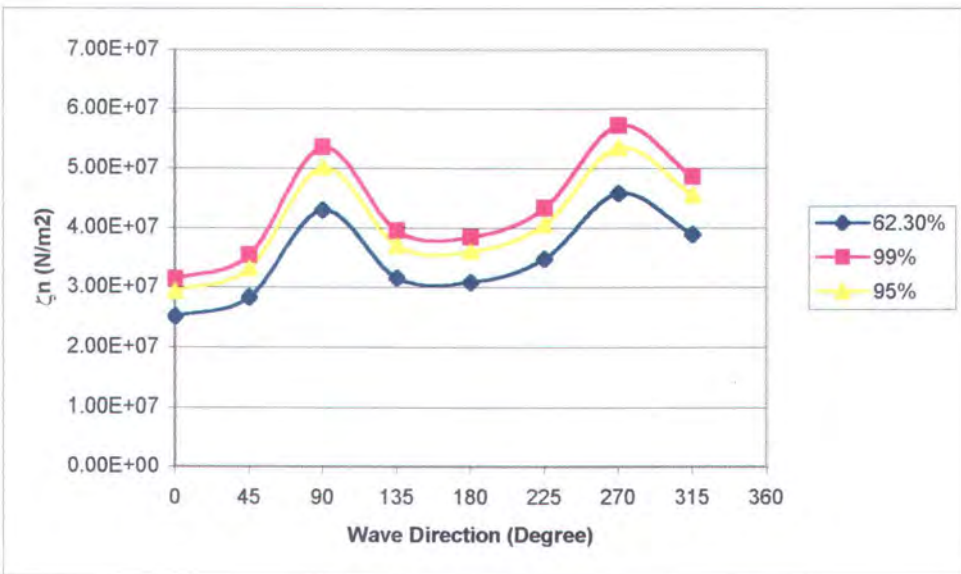
Gambar 4.29. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Operasional pada Arah Selatan (270°)



Berdasarkan hasil dari perhitungan *respon spectra* tegangan pada kondisi operasional dari struktur Hang Tuah MOGPU, maka dapat dihitung besar tegangan ekstrem yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3%, peluang tidak terlampaui 95% dan 99%. Hasil dari perhitungan tegangan ekstrem pada kondisi operasional tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.31 berikut ini :

Tabel 4.4. Nilai Tegangan Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%

DIRECTION	EXTREME STRESS (N/mm ²)		
	62.30%	95%	99%
WEST (0°)	2.523E+01	2.942E+01	3.144E+01
NORTH-WEST (45°)	2.837E+01	3.311E+01	3.539E+01
NORTH (90°)	4.293E+01	5.009E+01	5.355E+01
NORTH-EAST (135°)	3.162E+01	3.693E+01	3.950E+01
EAST (180°)	3.084E+01	3.597E+01	3.844E+01
SOUTH-EAST (225°)	3.475E+01	4.055E+01	4.335E+01
SOUTH (270°)	4.582E+01	5.346E+01	5.714E+01

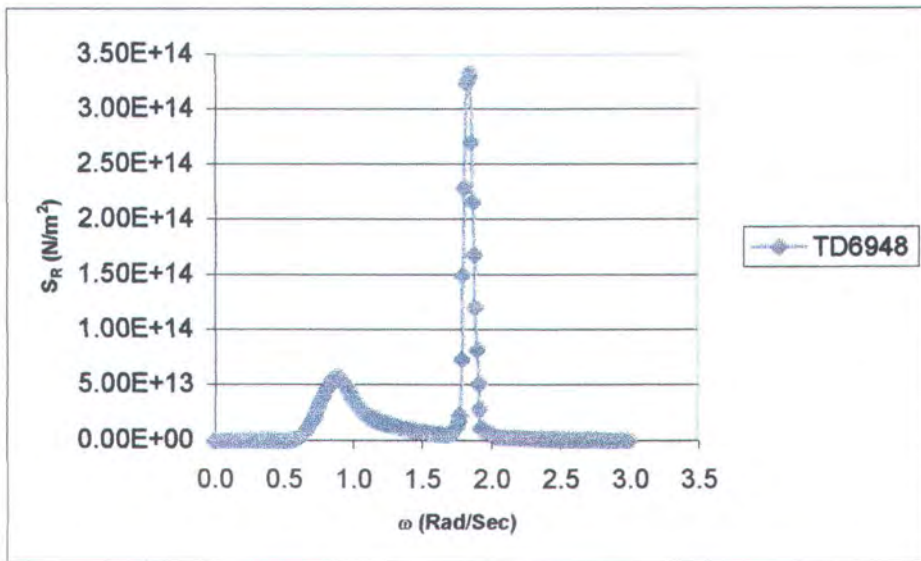


Gambar 4.31. Nilai Tegangan Ekstrem akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%

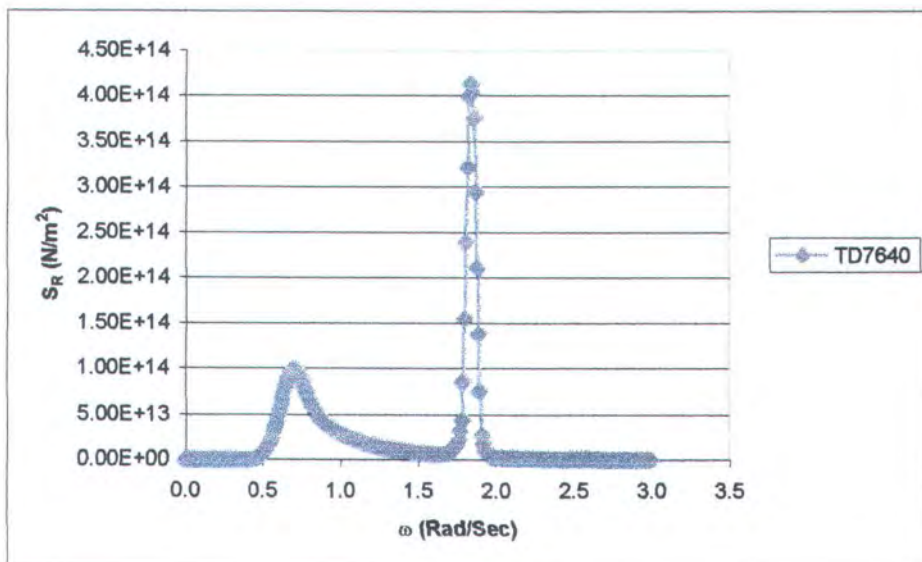
Berdasarkan gambar 4.31 di atas, tegangan ekstrem yang terbesar yang mungkin terjadi pada kondisi operasional adalah pada arah angin (270°), untuk probabilitas 62.3% sebesar 45.82 N/mm², untuk peluang tidak terlampaui 99% sebesar 57.14 N/mm² dan untuk peluang tidak terlampaui 95% adalah sebesar 53.46 N/mm².

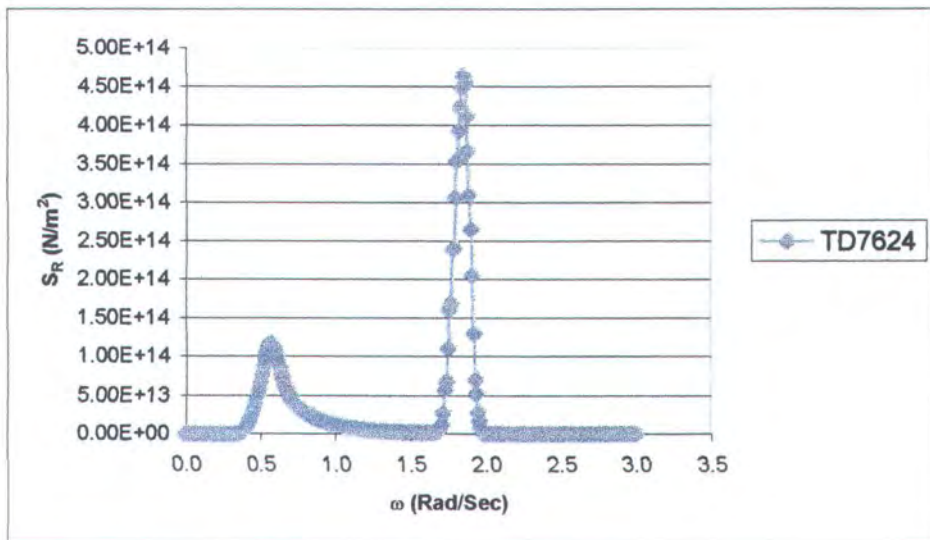
2.2.2.2. Tegangan pada Kondisi Badai

Tegangan dalam konteks meretas spectra dengan fungsi

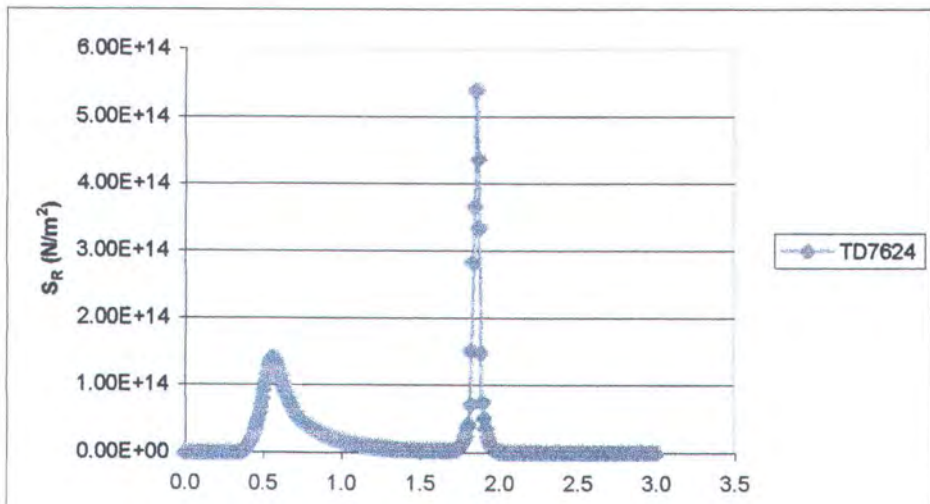


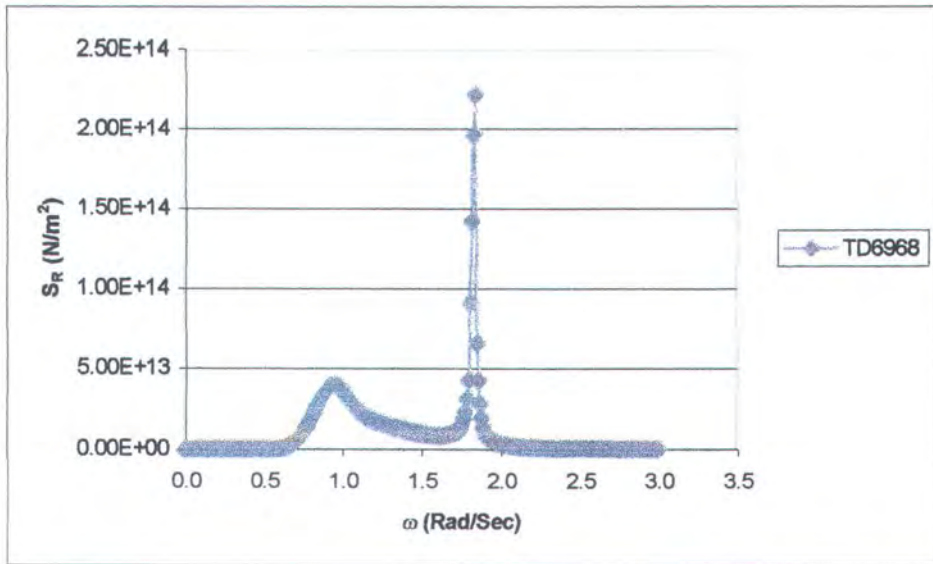
Gambar 4.32. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Barat (0°)



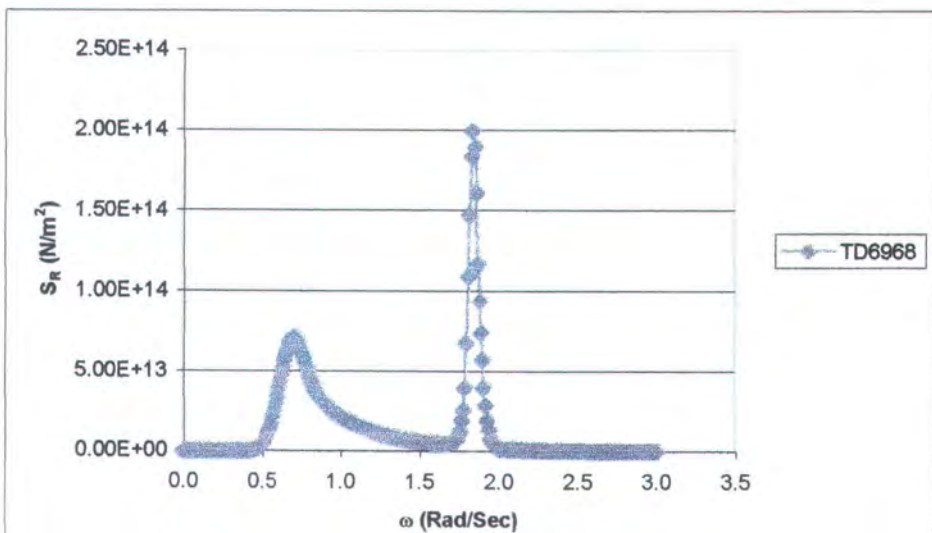


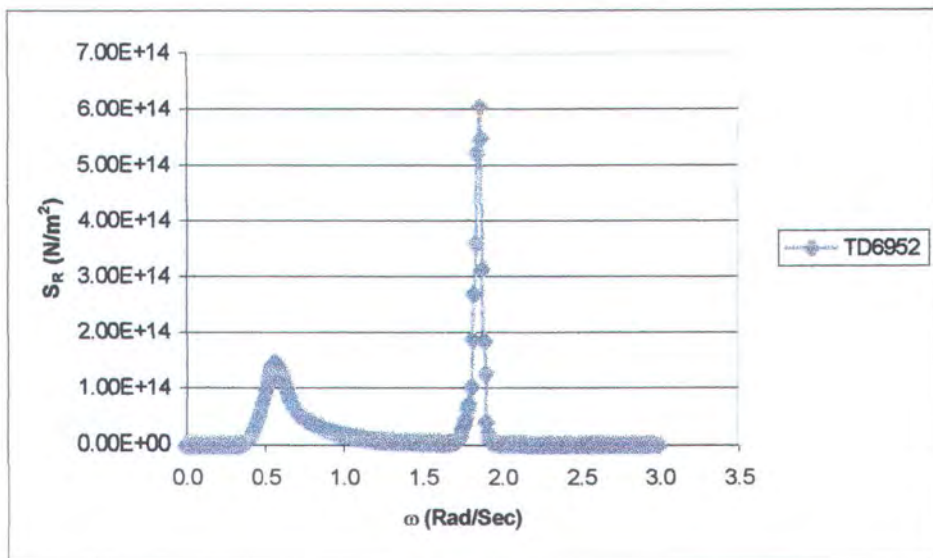
Gambar 4.34. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Utara (90^0)



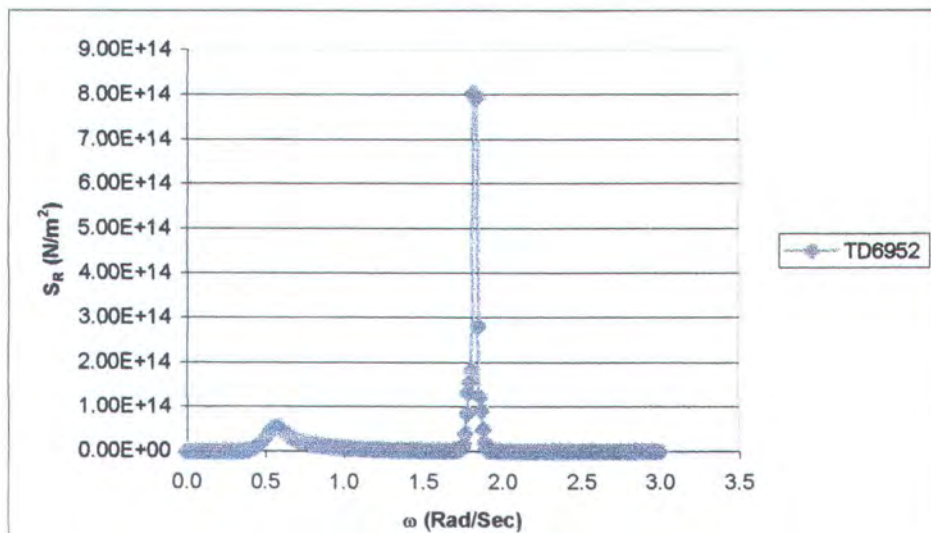


Gambar 4.36. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Timur (180°)





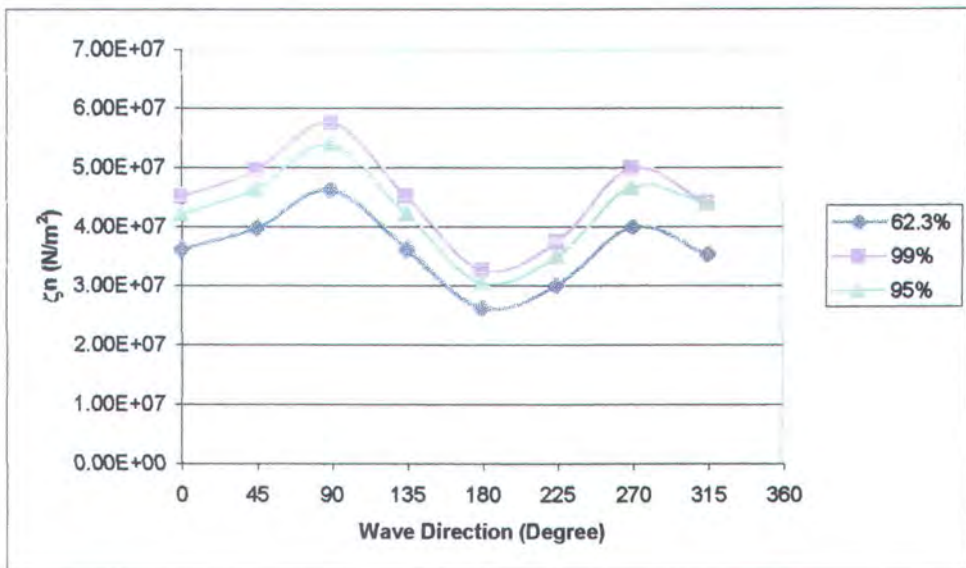
Gambar 4.38. Spektra Tegangan akibat Beban Gelombang Badai pada Arah Selatan (270°)



angan ekstrem yang mungkin terjadi dengan probabilitas 62.3%,
uang tidak terlampaui 95% dan 99%. Hasil dari perhitungan tegangan
strem pada kondisi badai tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5 dan
ambar 4.40 berikut ini :

Tabel 4.5. Nilai Tegangan Ekstrem yang Mungkin Terjadi pada Kondisi
adai dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan
99%

DIRECTION	EXTREME STRESS (N/mm ²)		
	62.30%	95%	99%
WEST (0°)	3.629E+01	4.233E+01	4.525E+01
NORTH-WEST (45°)	3.983E+01	4.648E+01	4.969E+01
NORTH (90°)	4.636E+01	5.408E+01	5.780E+01
NORTH-EAST (135°)	3.633E+01	4.242E+01	4.535E+01
EAST (180°)	2.631E+01	3.071E+01	3.283E+01
SOUTH-EAST (225°)	3.011E+01	3.516E+01	3.759E+01
SOUTH (270°)	4.005E+01	4.674E+01	4.997E+01
SOUTH-WEST (315°)	3.541E+01	4.417E+01	4.417E+01



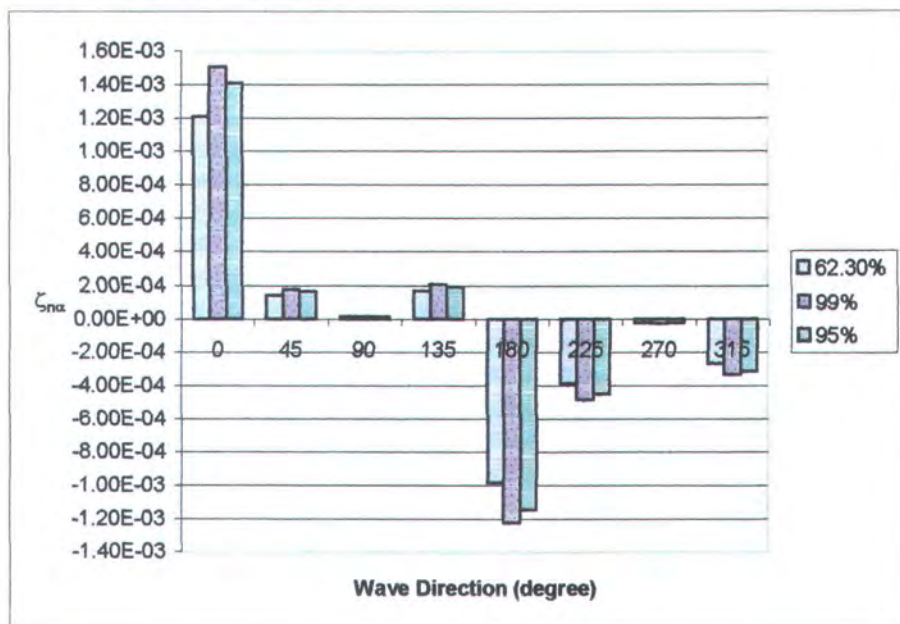
Gambar 4.40. Nilai Tegangan Ekstrem akibat Beban Gelombang pada Kondisi Badai dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%

Berdasarkan gambar 4.40 di atas, tegangan ekstrem yang terbesar yang mungkin terjadi pada kondisi badai adalah pada arah North (90°), untuk probabilitas 62.3% sebesar 46.35 N/mm^2 , untuk peluang tidak terlampaui 99% sebesar 57.79 N/mm^2 dan untuk peluang tidak terlampaui 95% adalah sebesar 54.07 N/mm^2 .

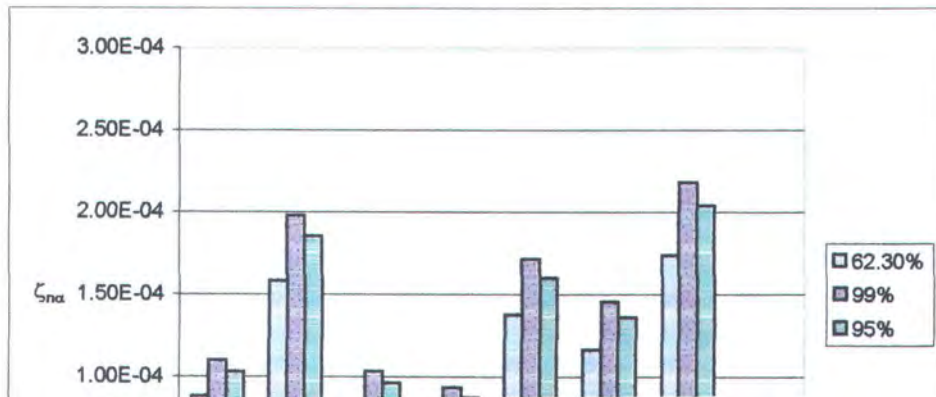
Struktur Hang Tuah MOgPU mempunyai nilai frekuensi natural sebesar 1.413 rad/sec dan periode natural sebesar 4.445 sec. Frekuensi natural dan periode natural struktur ini berada pada frekuensi gelombang (521 s/d 2.073 rad/sec) atau periode gelombang (3 s/d 12 sec). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya resonansi. Berdasarkan standar perancangan API RP2A WSD 21 ed, maka struktur Hang Tuah MOgPU perlu dilakukan analisis dinamis. Hasil frekuensi natural ini menunjukkan bahwa efek dinamis struktur menjadi sangat dominan.

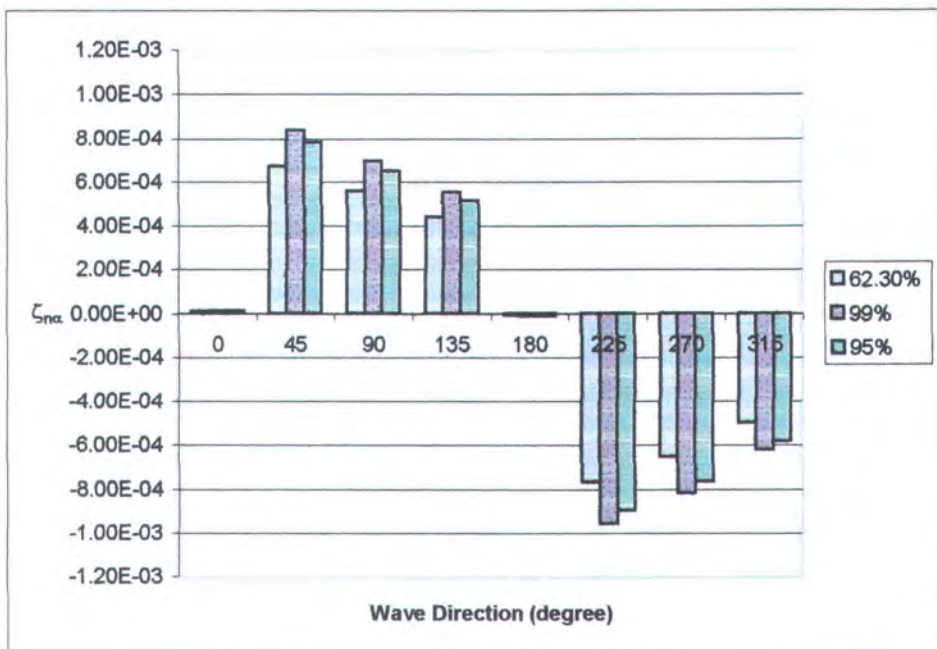
Beban lingkungan terutama beban gelombang sangat berpengaruh pada bangunan lepas pantai. Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa arah pergeseran titik (*displacement*) yang terjadi sesuai dengan arah gelombang (gambar 4.41 sampai dengan 4.46). Nilai *displacement* ekstrem yang mungkin terjadi dengan peluang terlampaui sebesar 1% untuk kondisi operasional adalah sebesar 0.00151 m untuk surge (arah 0^0) akibat eksitasi arah gelombang 0^0 (Barat) dan untuk kondisi badai adalah sebesar 0.00154 m untuk sway (arah 'Z') akibat eksitasi arah gelombang 90^0 (Utara). Nilai *displacement* ekstrem ini masih di bawah *displacement* yang diijinkan untuk struktur *jack-up*, yaitu sebesar 5% dalam air atau sebesar 4.155 m. *Displacement* yang mungkin terjadi

am melakukan analisis dinamis dibandingkan dengan peluang
 lampau sebesar 5%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.41 sampai
 ngan 4.46 sebagai berikut :

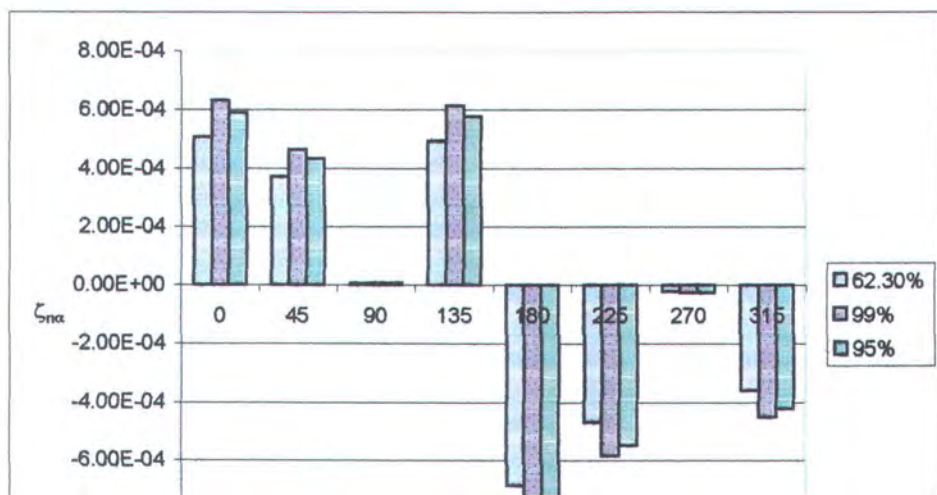


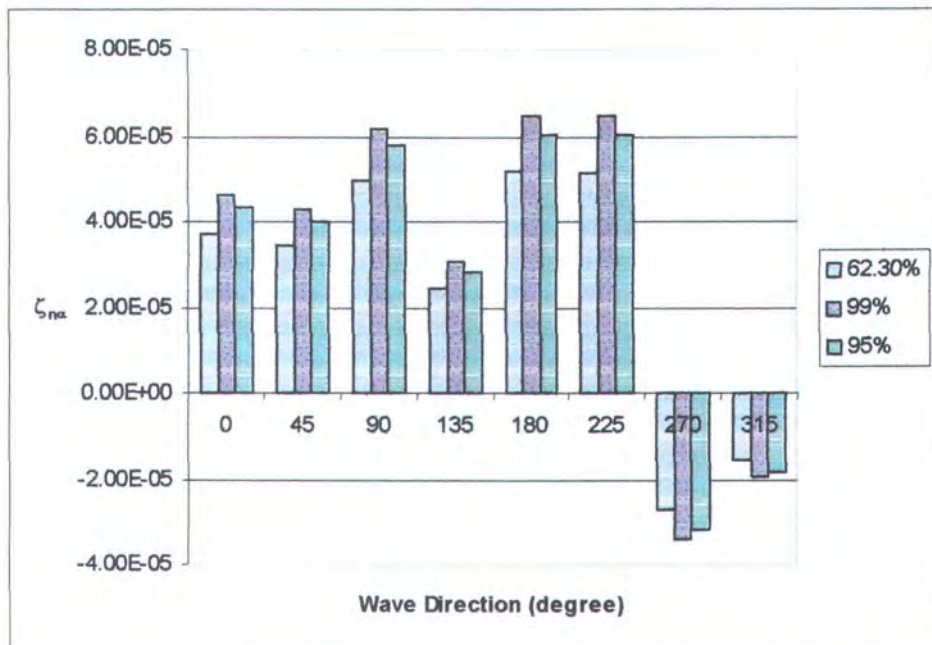
Gambar 4.41. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional untuk Arah Surge 'X' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%



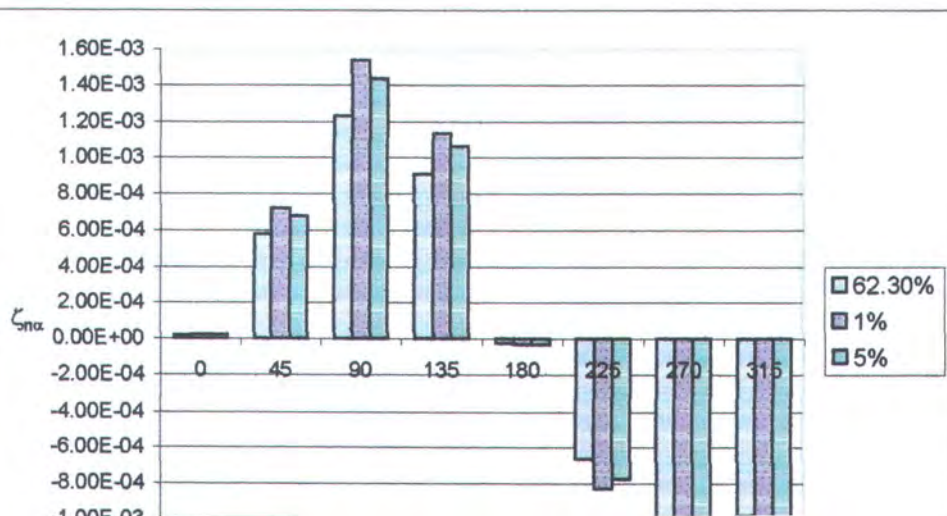


Gambar 4.43. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban Gelombang pada Kondisi Operasional untuk Arah Sway 'Z' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%





ambar 4.45. Nilai *Displacement* Ekstrem akibat Beban Gelombang pada kondisi Badai untuk Arah Heave 'Y' dengan Probabilitas 62.3%, Peluang Tidak Terlampaui 95% dan 99%





Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada analisis dinamis pada struktur Hang Tuah MOgPU sesuai dan sebanding lurus dengan parameter gelombang. Semakin besar parameter gelombang semakin besar pula tegangan yang terjadi. Besar tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada struktur Hang Tuah MOgPU baik untuk kondisi operasional (eksitasi gelombang arah Selatan sebesar 57.14 N/mm^2) maupun kondisi badai (eksitasi gelombang arah Utara sebesar 57.79 N/mm^2) masih di bawah tegangan ijin desain material sebesar $80\% \text{ yield stress}$ (199.95 N/mm^2).

Seperti halnya pada respon *displacement*, nilai tegangan ekstrem yang paling besar adalah dengan peluang terlampaui sebesar 1%. Hal ini menunjukkan bahwa peluang terlampaui yang diambil sebesar 1% pada saat perancangan lebih aman dipakai dalam melakukan analisis dinamis dibandingkan dengan peluang terlampaui sebesar 5%. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.31 dan gambar 4.40 di atas.

Berdasarkan hasil analisis dari respon struktur terlihat bahwa respon yang terjadi terdiri dari dua orde. Orde pertama berada pada *range* frekuensi 0.5 s/d 1.8 rad/sec dan orde kedua berada pada *range* frekuensi 1.8 s/d 2.2 rad/sec. *Peak* dari orde pertama tidak sebesar dari



dekatan dengan frekuensi gelombang operasional ini dapat menyebabkan terjadinya resonansi, sehingga getaran struktur yang terjadi ketika beroperasi (terutama akibat eksitasi gelombang arah Barat) sangat besar. Secara umum menunjukkan bahwa struktur Hang Tuah MOgPU aman untuk beroperasi, karena respon yang terjadi masih dalam batas yang disyaratkan.

*a pohon terakhir telah ditebang
a sungai terakhir telah kering
a hewan terakhir telah dibunuh
usia akan sadar
a uang bukanlah segala-galanya*



BAB V

PENUTUP

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis yang dilakukan terhadap respon dinamis struktur Hang Tuah MOgPU dalam domain frekuensi akibat beban gelombang diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Frekuensi natural struktur Hang Tuah MOgPU sebesar 1.41347 rad/sec berada pada range frekuensi gelombang (0.52150 rad/sec s/d 2.07345 rad/sec). Frekuensi natural struktur yang berada pada range frekuensi gelombang dapat berakibat timbulnya resonansi yang mempengaruhi operasi struktur tersebut dan efek dinamis struktur menjadi sangat dominan.

Respon dinamis yang terjadi akibat beban gelombang yang bekerja adalah berbanding lurus dengan parameter gelombang, sedangkan faktor perancangan yang paling aman digunakan adalah dengan peluang terlampaui sebesar 1%. Respon dinamis yang terjadi akibat

Displacement ini masih aman karena *displacement* yang mungkin terjadi dengan peluang terlampaui sebesar 1% masih di bawah *displacement* yang diijinkan untuk struktur *jack-up*, yaitu sebesar 5% kedalaman air (4.155 m).

- b. Tegangan ekstrem yang mungkin terjadi dengan peluang terlampaui sebesar 1% untuk kondisi operasional adalah sebesar 57.14 N/mm^2 akibat eksitasi arah gelombang 270° (Selatan) dan untuk kondisi badai adalah sebesar 57.79 N/mm^2 akibat eksitasi arah gelombang 90° (Utara). Besar tegangan yang mungkin terjadi pada struktur Hang Tuah MOGPU baik untuk kondisi operasional maupun badai masih di bawah tegangan ijin desain material sebesar 199.95 N/mm^2 .
- c. Getaran struktur ketika beroperasi akan sangat terasa, karena respon struktur yang terjadi dengan range frekuensi 0.5 s/d 1.8 rad/sec untuk orde pertama berdekatan dengan frekuensi gelombang operasional terutama ketika terkena eksitasi gelombang arah Barat dengan frekuensi sebesar 1.2 rad/sec.

Anggapan demikian dapat disimpulkan bahwa keamanan sebagai salah satu syarat beroperasinya bangunan lepas pantai dapat terpenuhi untuk

Saran

Penelitian tentang analisis dinamis pada struktur Hang Tuah GPU ini dilakukan dalam domain frekuensi dan hanya menggunakan gelombang sebagai beban lingkungan, sedangkan beban lingkungan yang lain diabaikan. Pemodelan pada penelitian ini belum memperhitungkan struktur geladak (*deck*).

Penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor beban lingkungan yang lain (misal : angin, arus, dll), serta pemodelan struktur geladak (*deck*). Hal ini sangat besar pengaruhnya terhadap analisis yang dilakukan. Selain itu dapat juga dilakukan analisis terhadap getaran yang terjadi akibat beban lingkungan dengan tujuan untuk mengurangi getaran yang terjadi. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi pada struktur.

anganlah menuntut orang lain untuk berubah
belum kamu menuntut dirimu sendiri untuk berubah #

agalah kasih sayang
arena hanya dengan kasih sayang hidupmu lebih berarti #

ome is where the heart is. #



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- . 2002. "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design (API RP2A WSD) - 21 edition". American Petroleum Institute.
- crop, N.D.P. and Adams, A.J. 1991. "Dynamics of Fixed Marine Structures – Third Edition". Butterworth Heinemann Ltd., Jordan Hill, Oxford, London.
- well, L.P. 1987. "Dynamics of Jack-Up Platform".
- krabarty, S.K. 1987. "Hydrodynamics of Offshore Structures". Computational Mechanics Publications Southampton, Boston, USA.
- ugh, W.R. and Penzein, J. 1975. "Dynamics of Structures – Second Edition". McGraw-Hill, Inc.
- vson, T.H. 1983. "Offshore Structural Engineering". Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, New Jersey, USA.
- P. 1989. "Dynamics of Elevated Jack-Up Structures". Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Arup & Partners International Ltd. 1999. "Structural Detailed Design
Premise – Doc. No. 84502-5000-6A-01-0".

Arup & Partners International Ltd. 1999. "Structural Steelwork
Specification – Doc. No. 84502-5000-6D-01-0".

Arup & Partners International Ltd. 1999. "Platform Detailed design
Premise – Doc. No. 84502-5000-8A-01-0".

Arup & Partners International Ltd. 2002. "Leg Analysis and Design
Technical Note – Doc. No. 84502-5000-6R-07-A-0".

Arup & Partners International Ltd. 2002. "Weight Control Report –
Doc. No. 84502-20-00-OP-002".

ov, E.P. 1993. "Mechanical of Material". Prentice-Hall, Inc., Engelwood
Cliffs, New Jersey, USA.

syid, D.M. 1996. "Perancangan Struktur Anjungan Lepas Pantai –
Filosofi, Prosedur, Model Analisis". ITS, Surabaya.

r, R. Craig, Jr. "Structural Dynamics". Department of Aerospace
Engineering and Engineering Mechanics, The University of Texas,
Austin.

ndjono, J.J. 1999. "Perancangan Sistem Bangunan Laut". Fakultas
Teknologi Kelautan. ITS. Surabaya.

suatu yang terindah dalam hidup
adalah ketika kita dapat memberikan
suatu yang kita miliki
pada orang lain



LAMPIRAN



LAMPIRAN A

LEMBAR KONSULTASI



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp 5947274, 5947254 psw 144 telex 34224 fax 597254

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

i, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

a : Alexis Hindradata

: 4399 100 014

TA : Analisis Respons Dinamis Anjungan Hang Tuah MOgPU Dalam
Domain Frekuensi Akibat Beban Gelombang

ah mempertimbangkan butir-butir berikut :

Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi.

Proporsi materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini.

Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan.

Masa studi yang tersisa.

an ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk

diibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru.

diiperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan.

diiperkenankan mengikuti ujian Tugas Akhir dengan judul tetap/berubah.

.....
.....
jutnya mahasiswa di atas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya
apat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk wisuda 2004.

Surabaya,

Januari 2004

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes. 1104-1105

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Alexis Hindradata
NRP : 4399 100 014
NAMA DOSEN PEMBIMBING I : Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc
JUDUL TUGAS AKHIR :

**ANALISIS RESPONS DINAMIS ANJUNGAN HANG TUAH (MOgPU)
DALAM DOMAIN FREKUENSI AKIBAT BEBAN GELOMBANG**

TGL	MATERI KONSULTASI	TANDA TANGGA
14/10/02	Cari referensi & data pandu- kung	X
11/03	Beban tumbukan dicek utk segala arah → paku - paku & $\gamma = 2.0$ tubul & belanak	X
07/07	Selesaikan analisis dinamis	X
21/07	Cari beban & elastis displ & stress pd kondisi ops & elast	X
17/09	Cek hasil stress statis vs displ → ayahi sbg kalibrasi & analisis atau cari alternatif	X



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes. 1104-1105

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Alexis Hindradata
NRP : 4399 100 014
NAMA DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Rudi Walujo Prastianto, MT
JUDUL TUGAS AKHIR :

**ANALISIS RESPONS DINAMIS ANJUNGAN HANG TUAH (MOgPU)
DALAM DOMAIN FREKUENSI AKIBAT BEBAN GELOMBANG**

TGL	MATERI KONSULTASI	TAND TANGA
11/02 03	Identifikasi permasalahan & verifikasi data	
5/03 03	Pemodelan	
31/03 03	Frekuensi natural struktur	
21/04 03	Bab 1 - 3	
3/07 03	Analisis dinamis	
12/09 03	Penentuan joint displacement	



LAMPIRAN B

OUTPUT DATA

ADDED MASS

JOB TITLE - NATURAL FREQUENCY-90

—	LENGTH	WEIGHT	ANGLE	TEMPERATURE	TIME
	FEET	LB	DEG	DEGF	SEC

STRUCTURAL DATA

MASS

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

NATURAL FREQUENCY

OF LATEST ANALYSES*

- MOgPU TITLE - NATURAL FREQUENCY-90

UNITS FEET LB DEG DEGF SEC

VALUES

EIGENVALUE-----	FREQUENCY-----	FREQUENCY-----	PERIOD-----	STATUS-----/
(RAD/SEC)**2)	(RAD/SEC)	(CYC/SEC)	(SEC/CYC)	
727901D+00	1.651636D+00	2.628660D-01	3.804219D+00	ACTIVE
937275D+00	1.984257D+00	3.158043D-01	3.166518D+00	ACTIVE
098593D+01	3.314503D+00	5.275196D-01	1.895664D+00	ACTIVE
207101D+01	9.595364D+00	1.527150D+00	6.548147D-01	ACTIVE
331514D+01	9.659976D+00	1.537433D+00	6.504349D-01	ACTIVE
819095D+01	9.909134D+00	1.577088D+00	6.340802D-01	ACTIVE
924362D+01	9.962109D+00	1.585519D+00	6.307084D-01	ACTIVE
112464D+02	1.054734D+01	1.678662D+00	5.957127D-01	ACTIVE
112651D+02	1.054823D+01	1.678802D+00	5.956628D-01	ACTIVE
128312D+02	1.062220D+01	1.690576D+00	5.915145D-01	ACTIVE



LAMPIRAN C
PERHITUNGAN SPEKTRA
GELOMBANG JONSWAP

**SPEKTRA GELOMBANG JONSWAP
DI PERAIRAN NATUNA**

WAVE SPECTRA CALCULATION AT EXTREME CONDITION

JONSWAP SPECTRA

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1,25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2 \tau^2 \omega^2} \right]}$$

= 0.0081
= 9.81 m/dt2
= 2.0
= 0.07 if ω ≤ ω0
= 0.09 if ω > ω0
=(0.161*g/Hs)^0.5

=North (90 derajat)
= 4.97m

	ω	ω0	α	g	γ	τ	Hs	S(ω)
1	0.00	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
2	0.01	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
3	0.02	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
4	0.03	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
5	0.04	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
6	0.05	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
7	0.06	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
8	0.07	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
9	0.08	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
0	0.09	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
1	0.10	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
2	0.11	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
3	0.12	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
4	0.13	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000
5	0.14	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.0000000000000000

8	0.27	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00000002699096
9	0.28	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00000055875595
0	0.29	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00000688200204
1	0.30	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00005570663881
2	0.31	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00032040647852
3	0.32	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00139287871200
4	0.33	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.00480745165673
5	0.34	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.01370451569630
6	0.35	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.03331437445365
7	0.36	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.07087861283498
8	0.37	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.13482915028858
9	0.38	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.23340475563043
0	0.39	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.37317166537695
1	0.40	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.55797184765937
2	0.41	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	0.78865207299248
3	0.42	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	1.06364232087007
4	0.43	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	1.38018089264988
5	0.44	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	1.73580686131454
6	0.45	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	2.12967986507074
7	0.46	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	2.56331951492732
8	0.47	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	3.04043630837369
9	0.48	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	3.56561380577291
0	0.49	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	4.14170146517218
1	0.50	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	4.76596604536246
2	0.51	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	5.42546611010703
3	0.52	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	6.09285264573265
4	0.53	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	6.72468381586291
5	0.54	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	7.26472193608858
6	0.55	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	7.65360138034042
7	0.56	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.07	4.97	7.84332597102904
8	0.57	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	7.82571961297340
9	0.58	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	7.65642367822796
0	0.59	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	7.36068839003848
1	0.60	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	6.96837562546837
2	0.61	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	6.51322015824715
3	0.62	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	6.02789018582807

6	0.75	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	2.25799277855159
7	0.76	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	2.14141305529385
8	0.77	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	2.03415080861907
9	0.78	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.93458171763247
0	0.79	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.84146858848609
1	0.80	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.75388467289156
2	0.81	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.67114324425247
3	0.82	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.59273677619170
4	0.83	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.51828708764856
5	0.84	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.44750635610935
6	0.85	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.38016794425481
7	0.86	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.31608547915750
8	0.87	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.25509847163866
9	0.88	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.19706285427518
0	0.89	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.14184504414374
1	0.90	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.08931841671537
2	0.91	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	1.03936135347807
3	0.92	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.99185626606132
4	0.93	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.94668919127215
5	0.94	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.90374969439906
6	0.95	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.86293091890144
7	0.96	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.82412968813317
8	0.97	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.78724660790547
9	0.98	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.75218614499183
0	0.99	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.71885667189399
1	1.00	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.68717047645684
2	1.01	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.65704373902878
3	1.02	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.62839648159929
4	1.03	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.60115249379989
5	1.04	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.57523924046904
6	1.05	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.55058775501227
7	1.06	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.52713252222748
8	1.07	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.50481135370501
9	1.08	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.48356525839665
0	1.09	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.46333831049158
1	1.10	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.44407751634305

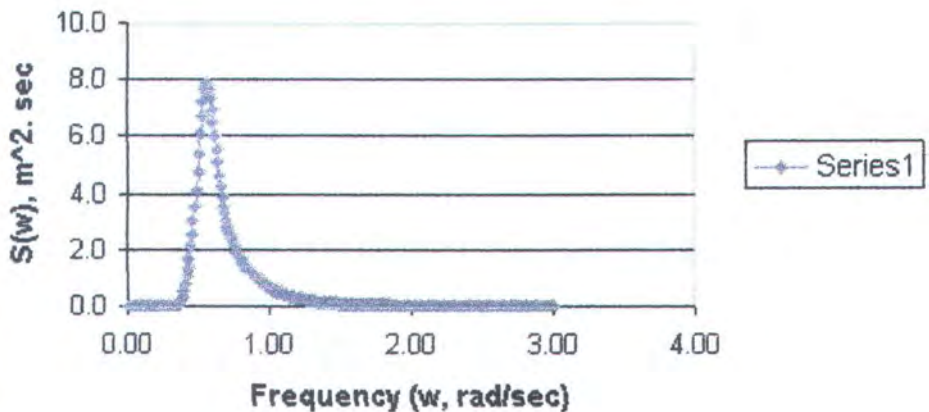
4	1.23	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.26204362924941
5	1.24	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.25208859014570
6	1.25	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.24257378731184
7	1.26	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.23347738013971
8	1.27	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.22477870265357
9	1.28	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.21645819770756
0	1.29	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.20849735478271
1	1.30	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.20087865122109
2	1.31	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.19358549673565
3	1.32	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.18660218103627
4	1.33	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.17991382441576
5	1.34	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.17350633114365
6	1.35	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.16736634552013
7	1.36	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.16148121044777
8	1.37	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.15583892838403
9	1.38	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.15042812454313
0	1.39	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.14523801222178
1	1.40	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.14025836012877
2	1.41	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.13547946160444
3	1.42	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.13089210562153
4	1.43	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.12648754946445
5	1.44	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.12225749298948
6	1.45	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.11819405437363
7	1.46	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.11428974726477
8	1.47	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.11053745925070
9	1.48	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.10693043156925
0	1.49	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.10346223998611
1	1.50	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.10012677677117
2	1.51	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.09691823370824
3	1.52	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.09383108607678
4	1.53	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.09086007754793
5	1.54	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.08800020594057
6	1.55	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.08524670978628
7	1.56	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.08259505565513
8	1.57	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.08004092619736
9	1.58	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.07758020885832

72	1.71	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.05253373074658
73	1.72	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.05104159100394
74	1.73	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04959973244762
75	1.74	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04820620398540
76	1.75	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04685913975702
77	1.76	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04555675501839
78	1.77	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04429734224209
79	1.78	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04307926742197
80	1.79	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04190096657035
81	1.80	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.04076094239710
82	1.81	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03965776116043
83	1.82	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03859004967973
84	1.83	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03755649250174
85	1.84	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03655582921133
86	1.85	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03558685187907
87	1.86	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03464840263811
88	1.87	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03373937138320
89	1.88	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03285869358537
90	1.89	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03200534821581
91	1.90	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03117835577328
92	1.91	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.03037677640925
93	1.92	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02959970814571
94	1.93	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02884628518065
95	1.94	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02811567627649
96	1.95	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02740708322717
97	1.96	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02671973939967
98	1.97	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02605290834610
99	1.98	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02540588248261
00	1.99	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02477798183172
01	2.00	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02416855282467
02	2.01	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02357696716078
03	2.02	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02300262072084
04	2.03	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02244493253173
05	2.04	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02190334377970
06	2.05	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02137731686983
07	2.06	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.02086633452925

20	2.19	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01538940821273
21	2.20	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01504430322070
22	2.21	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01470842384227
23	2.22	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01438148440143
24	2.23	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01406320925332
25	2.24	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01375333239129
26	2.25	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01345159707101
27	2.26	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01315775545065
28	2.27	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01287156824646
29	2.28	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01259280440305
30	2.29	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01232124077761
31	2.30	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01205666183754
32	2.31	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01179885937072
33	2.32	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01154763220804
34	2.33	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01130278595741
35	2.34	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01106413274891
36	2.35	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01083149099045
37	2.36	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01060468513355
38	2.37	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01038354544876
39	2.38	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.01016790781021
40	2.39	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00995761348905
41	2.40	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00975250895518
42	2.41	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00955244568714
43	2.42	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00935727998949
44	2.43	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00916687281770
45	2.44	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00898108960996
46	2.45	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00879980012569
47	2.46	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00862287829050
48	2.47	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00845020204730
49	2.48	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00828165321320
50	2.49	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00811711734213
51	2.50	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00795648359278
52	2.51	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00779964460165
53	2.52	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00764649636118
54	2.53	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00749693810238
55	2.54	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00735087218219

68	2.67	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00573045692955
69	2.68	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00562454740276
70	2.69	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00552097585389
71	2.70	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00541968236419
72	2.71	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00532060876085
73	2.72	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00522369856004
74	2.73	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00512889691208
75	2.74	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00503615054852
76	2.75	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00494540773114
77	2.76	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00485661820275
78	2.77	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00476973313978
79	2.78	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00468470510647
80	2.79	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00460148801074
81	2.80	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00452003706161
82	2.81	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00444030872807
83	2.82	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00436226069943
84	2.83	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00428585184701
85	2.84	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00421104218718
86	2.85	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00413779284571
87	2.86	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00406606602326
88	2.87	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00399582496214
89	2.88	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00392703391418
90	2.89	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00385965810967
91	2.90	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00379366372740
92	2.91	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00372901786565
93	2.92	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00366568851426
94	2.93	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00360364452754
95	2.94	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00354285559813
96	2.95	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00348329223176
97	2.96	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00342492572279
98	2.97	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00336772813064
99	2.98	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00331167225689
00	2.99	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00325673162329
01	3.00	0.563559	0.0081	9.81	2.0	0.09	4.97	0.00320288045032

JONSWAP SPECTRA (90 degree)



1:

an C ini hanya sebagai contoh perhitungan spektra gelombang JONSWAP gelombang kondisi badai di perairan Natuna. Dengan cara yang sama, ngan ini dilakukan untuk arah gelombang yang lain sesuai dengan parameter da baik untuk kondisi operasional maupun kondisi badai.



LAMPIRAN D

PERHITUNGAN RAO

**RAO DISPLACEMENT
STRUKTUR HANG TUAH MOgPU**

PLACEMENT TRANSFER FUNCTION (RAO) OF OPERATING CONDITION

$$\frac{x}{\eta}$$

dimana : x = displacement (m)

η = tinggi gelombang di atas MWL (m)

ection : West (0 degree)

s : MD

	ω (rad/sec)	DISPLACEMENT, x (m)			η	x/ η		
		x	y	z		x	y	z
1	0.00	0.000238	0.000001	0.000000	1.08	0.000220	0.000001	0.000000
2	0.01	0.000238	0.000001	0.000000	1.08	0.000220	0.000001	0.000000
	0.02	0.000238	0.000001	0.000000	1.08	0.000220	0.000001	0.000000
4	0.03	0.000238	0.000001	0.000000	1.08	0.000220	0.000001	0.000000
5	0.04	0.000239	0.000001	0.000000	1.08	0.000221	0.000001	0.000000
6	0.05	0.000239	0.000001	0.000001	1.08	0.000222	0.000001	0.000001
7	0.06	0.000240	0.000001	0.000001	1.08	0.000222	0.000001	0.000001
8	0.07	0.000241	0.000002	0.000001	1.08	0.000223	0.000002	0.000001
9	0.08	0.000241	0.000002	0.000001	1.08	0.000223	0.000002	0.000001
10	0.09	0.000242	0.000002	0.000001	1.08	0.000224	0.000002	0.000001
11	0.10	0.000243	0.000002	0.000001	1.08	0.000225	0.000002	0.000001
12	0.11	0.000243	0.000002	0.000001	1.08	0.000225	0.000002	0.000001
13	0.12	0.000244	0.000002	0.000001	1.08	0.000226	0.000002	0.000001
14	0.13	0.000245	0.000002	0.000001	1.08	0.000226	0.000002	0.000001
15	0.14	0.000245	0.000002	0.000001	1.08	0.000227	0.000002	0.000001
16	0.15	0.000246	0.000002	0.000001	1.08	0.000228	0.000002	0.000001
17	0.16	0.000247	0.000002	0.000001	1.08	0.000228	0.000002	0.000001
18	0.17	0.000247	0.000002	0.000001	1.08	0.000229	0.000002	0.000001
19	0.18	0.000248	0.000002	0.000001	1.08	0.000230	0.000002	0.000001
20	0.19	0.000249	0.000002	0.000001	1.08	0.000230	0.000002	0.000001
21	0.20	0.000249	0.000002	0.000001	1.08	0.000231	0.000002	0.000001
22	0.21	0.000250	0.000003	0.000001	1.08	0.000231	0.000003	0.000001

5	0.34	0.000258	0.000008	0.000002	1.08	0.000239	0.000007	0.000002
6	0.35	0.000259	0.000008	0.000002	1.08	0.000240	0.000007	0.000002
7	0.36	0.000260	0.000008	0.000002	1.08	0.000241	0.000007	0.000002
8	0.37	0.000260	0.000008	0.000002	1.08	0.000241	0.000007	0.000002
9	0.38	0.000261	0.000008	0.000002	1.08	0.000242	0.000007	0.000002
0	0.39	0.000262	0.000008	0.000002	1.08	0.000242	0.000007	0.000002
1	0.40	0.000262	0.000008	0.000002	1.08	0.000243	0.000007	0.000002
2	0.41	0.000263	0.000008	0.000002	1.08	0.000244	0.000007	0.000002
3	0.42	0.000264	0.000008	0.000002	1.08	0.000244	0.000007	0.000002
4	0.43	0.000264	0.000008	0.000002	1.08	0.000245	0.000007	0.000002
5	0.44	0.000265	0.000008	0.000002	1.08	0.000245	0.000007	0.000002
6	0.45	0.000266	0.000008	0.000002	1.08	0.000246	0.000007	0.000002
7	0.46	0.000266	0.000008	0.000002	1.08	0.000247	0.000007	0.000002
8	0.47	0.000267	0.000008	0.000002	1.08	0.000247	0.000007	0.000002
9	0.48	0.000268	0.000008	0.000002	1.08	0.000248	0.000007	0.000002
0	0.49	0.000268	0.000008	0.000002	1.08	0.000248	0.000007	0.000002
1	0.50	0.000269	0.000013	0.000002	1.08	0.000249	0.000012	0.000002
2	0.51	0.000270	0.000013	0.000002	1.08	0.000250	0.000012	0.000002
3	0.52	0.000270	0.000013	0.000002	1.08	0.000250	0.000012	0.000002
4	0.53	0.000271	0.000013	0.000002	1.08	0.000251	0.000012	0.000002
5	0.54	0.000272	0.000013	0.000002	1.08	0.000252	0.000012	0.000002
6	0.55	0.000272	0.000013	0.000002	1.08	0.000252	0.000012	0.000002
7	0.56	0.000273	0.000013	0.000002	1.08	0.000253	0.000012	0.000002
8	0.57	0.000274	0.000013	0.000002	1.08	0.000253	0.000012	0.000002
9	0.58	0.000274	0.000013	0.000002	1.08	0.000254	0.000012	0.000002
0	0.59	0.000275	0.000013	0.000002	1.08	0.000255	0.000012	0.000002
1	0.60	0.000276	0.000013	0.000003	1.08	0.000255	0.000012	0.000003
2	0.61	0.000276	0.000013	0.000003	1.08	0.000256	0.000012	0.000003
3	0.62	0.000277	0.000013	0.000003	1.08	0.000256	0.000012	0.000003
4	0.63	0.000278	0.000013	0.000003	1.08	0.000257	0.000012	0.000003
5	0.64	0.000278	0.000013	0.000003	1.08	0.000258	0.000012	0.000003
6	0.65	0.000279	0.000013	0.000003	1.08	0.000258	0.000012	0.000003
7	0.66	0.000280	0.000013	0.000003	1.08	0.000259	0.000012	0.000003
8	0.67	0.000280	0.000013	0.000003	1.08	0.000259	0.000012	0.000003
9	0.68	0.000281	0.000013	0.000003	1.08	0.000260	0.000012	0.000003
0	0.69	0.000282	0.000013	0.000003	1.08	0.000261	0.000012	0.000003

4	0.83	0.000291	0.000018	0.000003	1.08	0.000269	0.000017	0.000003
5	0.84	0.000291	0.000018	0.000003	1.08	0.000270	0.000017	0.000003
6	0.85	0.000292	0.000018	0.000003	1.08	0.000270	0.000017	0.000003
7	0.86	0.000293	0.000018	0.000003	1.08	0.000271	0.000017	0.000003
8	0.87	0.000293	0.000018	0.000003	1.08	0.000272	0.000017	0.000003
9	0.88	0.000294	0.000018	0.000003	1.08	0.000272	0.000017	0.000003
0	0.89	0.000295	0.000018	0.000003	1.08	0.000273	0.000017	0.000003
1	0.90	0.000295	0.000018	0.000003	1.08	0.000274	0.000017	0.000003
2	0.91	0.000296	0.000018	0.000003	1.08	0.000274	0.000017	0.000003
3	0.92	0.000297	0.000018	0.000003	1.08	0.000275	0.000017	0.000003
4	0.93	0.000297	0.000018	0.000003	1.08	0.000275	0.000017	0.000003
5	0.94	0.000298	0.000018	0.000003	1.08	0.000276	0.000017	0.000003
6	0.95	0.000299	0.000018	0.000003	1.08	0.000277	0.000017	0.000003
7	0.96	0.000299	0.000018	0.000003	1.08	0.000277	0.000017	0.000003
8	0.97	0.000300	0.000018	0.000003	1.08	0.000278	0.000017	0.000003
9	0.98	0.000301	0.000018	0.000003	1.08	0.000278	0.000017	0.000003
	0.99	0.000301	0.000025	0.000003	1.08	0.000279	0.000023	0.000003
1	1.00	0.000302	0.000025	0.000003	1.08	0.000280	0.000023	0.000003
2	1.01	0.000303	0.000025	0.000003	1.08	0.000280	0.000023	0.000003
3	1.02	0.000303	0.000025	0.000003	1.08	0.000281	0.000023	0.000003
4	1.03	0.000304	0.000025	0.000003	1.08	0.000281	0.000023	0.000003
5	1.04	0.000305	0.000025	0.000003	1.08	0.000282	0.000023	0.000003
6	1.05	0.000305	0.000025	0.000003	1.08	0.000283	0.000023	0.000003
7	1.06	0.000306	0.000025	0.000003	1.08	0.000283	0.000023	0.000003
8	1.07	0.000307	0.000025	0.000003	1.08	0.000284	0.000023	0.000003
9	1.08	0.000307	0.000025	0.000004	1.08	0.000285	0.000023	0.000004
0	1.09	0.000308	0.000025	0.000004	1.08	0.000285	0.000023	0.000004
1	1.10	0.000309	0.000025	0.000004	1.08	0.000286	0.000023	0.000004
2	1.11	0.000309	0.000025	0.000004	1.08	0.000286	0.000023	0.000004
3	1.12	0.000310	0.000025	0.000004	1.08	0.000287	0.000023	0.000004
4	1.13	0.000311	0.000025	0.000004	1.08	0.000288	0.000023	0.000004
5	1.14	0.000311	0.000025	0.000004	1.08	0.000288	0.000023	0.000004
6	1.15	0.000312	0.000025	0.000004	1.08	0.000289	0.000023	0.000004
7	1.16	0.000313	0.000025	0.000004	1.08	0.000289	0.000023	0.000004
8	1.17	0.000313	0.000025	0.000004	1.08	0.000290	0.000023	0.000004
9	1.18	0.000314	0.000038	0.000004	1.08	0.000291	0.000035	0.000004

3	1.32	0.000323	0.000038	0.000004	1.08	0.000299	0.000035	0.000004
4	1.33	0.000324	0.000038	0.000004	1.08	0.000300	0.000035	0.000004
5	1.34	0.000324	0.000038	0.000004	1.08	0.000300	0.000035	0.000004
6	1.35	0.000325	0.000038	0.000004	1.08	0.000301	0.000035	0.000004
7	1.36	0.000326	0.000038	0.000004	1.08	0.000302	0.000035	0.000004
8	1.37	0.000326	0.000038	0.000004	1.08	0.000302	0.000035	0.000004
9	1.38	0.000327	0.000038	0.000004	1.08	0.000303	0.000035	0.000004
0	1.39	0.000328	0.000038	0.000006	1.08	0.000303	0.000035	0.000006
1	1.40	0.000328	0.000050	0.000006	1.08	0.000304	0.000046	0.000006
2	1.41	0.000329	0.000050	0.000006	1.08	0.000305	0.000046	0.000006
3	1.42	0.000330	0.000050	0.000006	1.08	0.000305	0.000046	0.000006
4	1.43	0.000330	0.000050	0.000006	1.08	0.000306	0.000046	0.000006
5	1.44	0.000331	0.000050	0.000006	1.08	0.000307	0.000046	0.000006
6	1.45	0.000332	0.000050	0.000006	1.08	0.000307	0.000046	0.000006
7	1.46	0.000332	0.000050	0.000006	1.08	0.000308	0.000046	0.000006
8	1.47	0.000333	0.000050	0.000006	1.08	0.000308	0.000046	0.000006
9	1.48	0.000334	0.000050	0.000006	1.08	0.000309	0.000046	0.000006
0	1.49	0.000334	0.000050	0.000006	1.08	0.000310	0.000046	0.000006
1	1.50	0.000335	0.000050	0.000006	1.08	0.000310	0.000046	0.000006
2	1.51	0.000336	0.000050	0.000006	1.08	0.000311	0.000046	0.000006
3	1.52	0.000336	0.000052	0.000006	1.08	0.000311	0.000048	0.000006
4	1.53	0.000337	0.000052	0.000006	1.08	0.000312	0.000048	0.000006
5	1.54	0.000338	0.000052	0.000006	1.08	0.000313	0.000048	0.000006
6	1.55	0.000339	0.000052	0.000006	1.08	0.000314	0.000048	0.000006
7	1.56	0.000339	0.000052	0.000006	1.08	0.000314	0.000048	0.000006
8	1.57	0.000339	0.000052	0.000006	1.08	0.000314	0.000048	0.000006
9	1.58	0.000341	0.000052	0.000006	1.08	0.000316	0.000048	0.000006
0	1.59	0.000342	0.000061	0.000006	1.08	0.000317	0.000056	0.000006
1	1.60	0.000342	0.000061	0.000006	1.08	0.000317	0.000056	0.000006
2	1.61	0.000343	0.000061	0.000006	1.08	0.000318	0.000056	0.000006
3	1.62	0.000343	0.000061	0.000006	1.08	0.000318	0.000056	0.000006
4	1.63	0.000354	0.000061	0.000007	1.08	0.000328	0.000056	0.000007
5	1.64	0.000424	0.000061	0.000007	1.08	0.000393	0.000056	0.000007
6	1.65	0.000525	0.000061	0.000007	1.08	0.000486	0.000056	0.000007
7	1.66	0.000626	0.000061	0.000007	1.08	0.000580	0.000056	0.000007
8	1.67	0.000727	0.000061	0.000007	1.08	0.000673	0.000056	0.000007

2	1.81	0.002269	0.000125	0.000009	1.08	0.002101	0.000116	0.000008
3	1.82	0.002489	0.000126	0.000009	1.08	0.002305	0.000117	0.000008
4	1.83	0.002709	0.000127	0.000010	1.08	0.002508	0.000118	0.000009
5	1.84	0.002676	0.000127	0.000010	1.08	0.002477	0.000118	0.000009
6	1.85	0.002642	0.000126	0.000009	1.08	0.002446	0.000117	0.000008
7	1.86	0.002394	0.000126	0.000009	1.08	0.002216	0.000117	0.000008
8	1.87	0.002145	0.000125	0.000008	1.08	0.001986	0.000116	0.000007
9	1.88	0.001897	0.000125	0.000008	1.08	0.001756	0.000116	0.000007
0	1.89	0.001445	0.000124	0.000008	1.08	0.001338	0.000115	0.000007
1	1.90	0.000994	0.000124	0.000007	1.08	0.000920	0.000115	0.000006
2	1.91	0.000542	0.000123	0.000007	1.08	0.000502	0.000114	0.000006
3	1.92	0.000354	0.000123	0.000007	1.08	0.000328	0.000114	0.000006
4	1.93	0.000332	0.000083	0.000006	1.08	0.000307	0.000077	0.000006
5	1.94	0.000322	0.000083	0.000006	1.08	0.000298	0.000077	0.000006
6	1.95	0.000321	0.000083	0.000006	1.08	0.000297	0.000077	0.000006
7	1.96	0.000320	0.000067	0.000006	1.08	0.000296	0.000062	0.000006
8	1.97	0.000319	0.000067	0.000006	1.08	0.000295	0.000062	0.000006
9	1.98	0.000319	0.000061	0.000006	1.08	0.000295	0.000056	0.000006
0	1.99	0.000318	0.000061	0.000006	1.08	0.000294	0.000056	0.000006
1	2.00	0.000317	0.000053	0.000006	1.08	0.000294	0.000049	0.000006
2	2.01	0.000316	0.000053	0.000006	1.08	0.000293	0.000049	0.000006
3	2.02	0.000315	0.000037	0.000006	1.08	0.000292	0.000034	0.000006
4	2.03	0.000314	0.000037	0.000006	1.08	0.000291	0.000034	0.000006
5	2.04	0.000313	0.000037	0.000006	1.08	0.000290	0.000034	0.000006
6	2.05	0.000313	0.000037	0.000006	1.08	0.000290	0.000034	0.000006
7	2.06	0.000312	0.000026	0.000006	1.08	0.000289	0.000024	0.000006
8	2.07	0.000311	0.000026	0.000006	1.08	0.000288	0.000024	0.000006
9	2.08	0.000310	0.000026	0.000006	1.08	0.000287	0.000024	0.000006
0	2.09	0.000308	0.000026	0.000006	1.08	0.000285	0.000024	0.000006
1	2.10	0.000307	0.000026	0.000006	1.08	0.000284	0.000024	0.000005
2	2.11	0.000306	0.000026	0.000006	1.08	0.000283	0.000024	0.000005
3	2.12	0.000305	0.000011	0.000006	1.08	0.000282	0.000010	0.000005
4	2.13	0.000304	0.000011	0.000005	1.08	0.000281	0.000010	0.000005
5	2.14	0.000303	0.000011	0.000005	1.08	0.000280	0.000010	0.000005
6	2.15	0.000301	0.000011	0.000005	1.08	0.000279	0.000010	0.000005
7	2.16	0.000300	0.000011	0.000005	1.08	0.000278	0.000010	0.000005

1	2.30	0.000286	0.000009	0.000005	1.08	0.000265	0.000008	0.000005
2	2.31	0.000285	0.000009	0.000005	1.08	0.000264	0.000008	0.000005
3	2.32	0.000284	0.000009	0.000005	1.08	0.000263	0.000008	0.000005
4	2.33	0.000283	0.000009	0.000005	1.08	0.000262	0.000008	0.000005
5	2.34	0.000282	0.000008	0.000005	1.08	0.000261	0.000007	0.000005
6	2.35	0.000281	0.000008	0.000005	1.08	0.000260	0.000007	0.000004
7	2.36	0.000280	0.000008	0.000005	1.08	0.000259	0.000007	0.000004
8	2.37	0.000279	0.000008	0.000005	1.08	0.000258	0.000007	0.000004
9	2.38	0.000278	0.000008	0.000004	1.08	0.000257	0.000007	0.000004
0	2.39	0.000276	0.000008	0.000004	1.08	0.000256	0.000007	0.000004
1	2.40	0.000275	0.000008	0.000004	1.08	0.000255	0.000007	0.000004
2	2.41	0.000274	0.000008	0.000004	1.08	0.000254	0.000007	0.000004
3	2.42	0.000273	0.000008	0.000004	1.08	0.000253	0.000007	0.000004
4	2.43	0.000272	0.000008	0.000004	1.08	0.000252	0.000007	0.000004
5	2.44	0.000271	0.000008	0.000004	1.08	0.000251	0.000007	0.000004
6	2.45	0.000270	0.000008	0.000004	1.08	0.000250	0.000007	0.000004
7	2.46	0.000269	0.000008	0.000004	1.08	0.000249	0.000007	0.000004
8	2.47	0.000268	0.000008	0.000004	1.08	0.000248	0.000007	0.000004
9	2.48	0.000267	0.000008	0.000004	1.08	0.000247	0.000007	0.000004
0	2.49	0.000266	0.000008	0.000004	1.08	0.000246	0.000007	0.000004
1	2.50	0.000265	0.000008	0.000004	1.08	0.000245	0.000007	0.000004
2	2.51	0.000264	0.000008	0.000003	1.08	0.000244	0.000007	0.000003
3	2.52	0.000263	0.000008	0.000003	1.08	0.000243	0.000007	0.000003
4	2.53	0.000262	0.000008	0.000003	1.08	0.000242	0.000007	0.000003
5	2.54	0.000261	0.000007	0.000003	1.08	0.000242	0.000006	0.000003
6	2.55	0.000260	0.000007	0.000003	1.08	0.000241	0.000006	0.000003
7	2.56	0.000259	0.000007	0.000003	1.08	0.000240	0.000006	0.000003
8	2.57	0.000258	0.000007	0.000003	1.08	0.000239	0.000006	0.000003
9	2.58	0.000257	0.000007	0.000003	1.08	0.000238	0.000006	0.000003
0	2.59	0.000256	0.000007	0.000003	1.08	0.000237	0.000006	0.000003
1	2.60	0.000255	0.000007	0.000003	1.08	0.000236	0.000006	0.000003
2	2.61	0.000254	0.000007	0.000003	1.08	0.000235	0.000006	0.000003
3	2.62	0.000253	0.000007	0.000003	1.08	0.000234	0.000006	0.000003
4	2.63	0.000251	0.000007	0.000003	1.08	0.000233	0.000006	0.000003
5	2.64	0.000250	0.000007	0.000003	1.08	0.000232	0.000006	0.000003
6	2.65	0.000249	0.000007	0.000003	1.08	0.000231	0.000006	0.000003

0	2.79	0.000235	0.000007	0.000002	1.08	0.000217	0.000006	0.000002
1	2.80	0.000234	0.000007	0.000002	1.08	0.000216	0.000006	0.000002
2	2.81	0.000233	0.000007	0.000002	1.08	0.000215	0.000006	0.000002
3	2.82	0.000232	0.000006	0.000002	1.08	0.000215	0.000006	0.000002
4	2.83	0.000231	0.000006	0.000002	1.08	0.000214	0.000006	0.000002
5	2.84	0.000230	0.000006	0.000002	1.08	0.000213	0.000006	0.000002
6	2.85	0.000229	0.000006	0.000002	1.08	0.000212	0.000006	0.000002
7	2.86	0.000228	0.000006	0.000002	1.08	0.000211	0.000006	0.000002
8	2.87	0.000226	0.000006	0.000002	1.08	0.000210	0.000006	0.000002
9	2.88	0.000225	0.000006	0.000002	1.08	0.000209	0.000006	0.000002
0	2.89	0.000224	0.000006	0.000002	1.08	0.000208	0.000006	0.000002
1	2.90	0.000223	0.000006	0.000002	1.08	0.000207	0.000006	0.000002
2	2.91	0.000222	0.000006	0.000002	1.08	0.000206	0.000006	0.000002
3	2.92	0.000221	0.000006	0.000001	1.08	0.000205	0.000006	0.000001
4	2.93	0.000220	0.000006	0.000001	1.08	0.000204	0.000006	0.000001
5	2.94	0.000219	0.000006	0.000001	1.08	0.000203	0.000006	0.000001
6	2.95	0.000218	0.000006	0.000001	1.08	0.000202	0.000006	0.000001
7	2.96	0.000215	0.000006	0.000001	1.08	0.000199	0.000006	0.000001
8	2.97	0.000215	0.000006	0.000001	1.08	0.000199	0.000006	0.000001
9	2.98	0.000215	0.000004	0.000001	1.08	0.000199	0.000004	0.000001
0	2.99	0.000215	0.000004	0.000001	1.08	0.000199	0.000004	0.000001
1	3.00	0.000215	0.000004	0.000001	1.08	0.000199	0.000004	0.000001

**RAO TEGANGAN
STRUKTUR HANG TUAH MOgPU**

STRESS TRANSFER FUNCTION (RAO) OF OPERATING CONDITION

$$\frac{\sigma}{\eta}$$

dimana : σ = stress (Kg/m²)
 η = tinggi gelombang di atas MWL (m)

ection : West (0 degree)
s : TD7170

	ω	(rad/sec)	σ	(Kg/m ²)	η	σ/η
1		0.00	-6649654.26		1.08	6157087.278
2		0.01	-6649654.26		1.08	6157087.278
3		0.02	-6649654.26		1.08	6157087.278
4		0.03	-6649654.26		1.08	6157087.278
5		0.04	-6668094.478		1.08	6174161.553
6		0.05	-6686534.695		1.08	6191235.829
7		0.06	-6704974.913		1.08	6208310.105
8		0.07	-6723415.131		1.08	6225384.38
9		0.08	-6741855.348		1.08	6242458.656
10		0.09	-6760295.566		1.08	6259532.932
11		0.10	-6778735.784		1.08	6276607.207
12		0.11	-6797176.002		1.08	6293681.483
13		0.12	-6815616.219		1.08	6310755.759
14		0.13	-6834056.437		1.08	6327830.034
15		0.14	-6852496.655		1.08	6344904.31
16		0.15	-6870936.872		1.08	6361978.585
17		0.16	-6889377.09		1.08	6379052.861
18		0.17	-6907817.308		1.08	6396127.137
19		0.18	-6926257.525		1.08	6413201.412
20		0.19	-6944697.743		1.08	6430275.688
21		0.20	-6963137.961		1.08	6447349.964
22		0.21	-6981578.179		1.08	6464424.239

35	0.34	-7221301.009	1.08	6686389.823
36	0.35	-7239741.226	1.08	6703464.098
37	0.36	-7258181.444	1.08	6720538.374
38	0.37	-7276621.662	1.08	6737612.65
39	0.38	-7295061.879	1.08	6754686.925
40	0.39	-7313502.097	1.08	6771761.201
41	0.40	-7331942.315	1.08	6788835.477
42	0.41	-7350382.532	1.08	6805909.752
43	0.42	-7368822.75	1.08	6822984.028
44	0.43	-7387262.968	1.08	6840058.304
45	0.44	-7405703.186	1.08	6857132.579
46	0.45	-7424143.403	1.08	6874206.855
47	0.46	-7442583.621	1.08	6891281.13
48	0.47	-7461023.839	1.08	6908355.406
49	0.48	-7479464.056	1.08	6925429.682
50	0.49	-7497904.274	1.08	6942503.957
51	0.50	-7516344.492	1.08	6959578.233
52	0.51	-7534784.709	1.08	6976652.509
53	0.52	-7553224.927	1.08	6993726.784
54	0.53	-7571665.145	1.08	7010801.06
55	0.54	-7590105.362	1.08	7027875.336
56	0.55	-7608545.58	1.08	7044949.611
57	0.56	-7626985.798	1.08	7062023.887
58	0.57	-7645426.016	1.08	7079098.163
59	0.58	-7663866.233	1.08	7096172.438
60	0.59	-7682306.451	1.08	7113246.714
61	0.60	-7700746.669	1.08	7130320.989
62	0.61	-7719186.886	1.08	7147395.265
63	0.62	-7737627.104	1.08	7164469.541
64	0.63	-7756067.322	1.08	7181543.816
65	0.64	-7774507.539	1.08	7198618.092
66	0.65	-7792947.757	1.08	7215692.368
67	0.66	-7811387.975	1.08	7232766.643
68	0.67	-7829828.193	1.08	7249840.919
69	0.68	-7848268.41	1.08	7266915.195
70	0.69	-7866708.628	1.08	7283989.47

84	0.83	-8124871.676	1.08	7523029.329
85	0.84	-8143311.893	1.08	7540103.605
86	0.85	-8161752.111	1.08	7557177.881
87	0.86	-8180192.329	1.08	7574252.156
88	0.87	-8198632.546	1.08	7591326.432
89	0.88	-8217072.764	1.08	7608400.708
90	0.89	-8235512.982	1.08	7625474.983
91	0.90	-8253953.2	1.08	7642549.259
92	0.91	-8272393.417	1.08	7659623.534
93	0.92	-8290833.635	1.08	7676697.81
94	0.93	-8309273.853	1.08	7693772.086
95	0.94	-8327714.07	1.08	7710846.361
96	0.95	-8346154.288	1.08	7727920.637
97	0.96	-8364594.506	1.08	7744994.913
98	0.97	-8383034.723	1.08	7762069.188
99	0.98	-8401474.941	1.08	7779143.464
100	0.99	-8419915.159	1.08	7796217.74
101	1.00	-8438355.376	1.08	7813292.015
102	1.01	-8456795.594	1.08	7830366.291
103	1.02	-8475235.812	1.08	7847440.567
104	1.03	-8493676.03	1.08	7864514.842
105	1.04	-8512116.247	1.08	7881589.118
106	1.05	-8530556.465	1.08	7898663.393
107	1.06	-8548996.683	1.08	7915737.669
108	1.07	-8567436.9	1.08	7932811.945
109	1.08	-8585877.118	1.08	7949886.22
110	1.09	-8604317.336	1.08	7966960.496
111	1.10	-8622757.553	1.08	7984034.772
112	1.11	-8641197.771	1.08	8001109.047
113	1.12	-8659637.989	1.08	8018183.323
114	1.13	-8678078.207	1.08	8035257.599
115	1.14	-8696518.424	1.08	8052331.874
116	1.15	-8714958.642	1.08	8069406.15
117	1.16	-8733398.86	1.08	8086480.426
118	1.17	-8751839.077	1.08	8103554.701
119	1.18	-8770279.295	1.08	8120628.977

133	1.32	-9028442.343	1.08	8359668.836
134	1.33	-9046882.56	1.08	8376743.112
135	1.34	-9065322.778	1.08	8393817.387
136	1.35	-9083762.996	1.08	8410891.663
137	1.36	-9102203.214	1.08	8427965.938
138	1.37	-9120643.431	1.08	8445040.214
139	1.38	-9139083.649	1.08	8462114.49
140	1.39	-9157523.867	1.08	8479188.765
141	1.40	-9175964.084	1.08	8496263.041
142	1.41	-9194404.302	1.08	8513337.317
143	1.42	-9212844.52	1.08	8530411.592
144	1.43	-9231284.737	1.08	8547485.868
145	1.44	-9249724.955	1.08	8564560.144
146	1.45	-9268165.173	1.08	8581634.419
147	1.46	-9286605.39	1.08	8598708.695
148	1.47	-9305045.608	1.08	8615782.971
149	1.48	-9323485.826	1.08	8632857.246
150	1.49	-9341926.044	1.08	8649931.522
151	1.50	-9360366.261	1.08	8667005.797
152	1.51	-9378806.479	1.08	8684080.073
153	1.52	-9397246.697	1.08	8701154.349
154	1.53	-9415686.914	1.08	8718228.624
155	1.54	-9443626.638	1.08	8744098.739
156	1.55	-9471566.362	1.08	8769968.854
157	1.56	-9471566.362	1.08	8769968.854
158	1.57	-9471566.362	1.08	8769968.854
159	1.58	-9527445.809	1.08	8821709.083
160	1.59	-9555385.533	1.08	8847579.197
161	1.60	-9555385.533	1.08	8847579.197
162	1.61	-9583325.257	1.08	8873449.312
163	1.62	-9583325.257	1.08	8873449.312
164	1.63	-9890662.219	1.08	9158020.573
165	1.64	-11846442.88	1.08	10968928.6
166	1.65	-14668354.99	1.08	13581810.17
167	1.66	-17490267.09	1.08	16194691.75
168	1.67	-20312179.19	1.08	18807573.32

182	1.81	-63395233.26	1.08	58699290.06
183	1.82	-69541972.49	1.08	64390715.27
184	1.83	-75688711.72	1.08	70082140.49
185	1.84	-74752730.98	1.08	69215491.65
186	1.85	-73816750.23	1.08	68348842.81
187	1.86	-66878385.49	1.08	61924431.01
188	1.87	-59940020.75	1.08	55500019.22
189	1.88	-53001656.01	1.08	49075607.42
190	1.89	-40382214.11	1.08	37390938.99
191	1.90	-27762772.2	1.08	25706270.55
192	1.91	-15143330.29	1.08	14021602.12
193	1.92	-9890662.219	1.08	9158020.573
194	1.93	-9275988.295	1.08	8588878.051
195	1.94	-8996591.058	1.08	8330176.905
196	1.95	-8968651.334	1.08	8304306.791
197	1.96	-8940711.61	1.08	8278436.676
198	1.97	-8912771.886	1.08	8252566.561
199	1.98	-8912771.886	1.08	8252566.561
200	1.99	-8884832.163	1.08	8226696.447
201	2.00	-8856892.439	1.08	8200826.332
202	2.01	-8828952.715	1.08	8174956.218
203	2.02	-8801012.991	1.08	8149086.103
204	2.03	-8773073.267	1.08	8123215.988
205	2.04	-8745133.544	1.08	8097345.874
206	2.05	-8745133.544	1.08	8097345.874
207	2.06	-8717193.82	1.08	8071475.759
208	2.07	-8689254.096	1.08	8045605.644
209	2.08	-8661314.372	1.08	8019735.53
210	2.09	-8597285.839	1.08	7960449.851
211	2.10	-8568181.96	1.08	7933501.814
212	2.11	-8539078.081	1.08	7906553.778
213	2.12	-8509974.202	1.08	7879605.742
214	2.13	-8480870.323	1.08	7852657.706
215	2.14	-8451766.444	1.08	7825709.67
216	2.15	-8422662.565	1.08	7798761.634
217	2.16	-8393558.686	1.08	7771813.598

231	2.30	-7986104.381	1.08	7394541.093
232	2.31	-7957000.502	1.08	7367593.057
233	2.32	-7927896.623	1.08	7340645.021
234	2.33	-7898792.744	1.08	7313696.985
235	2.34	-7869688.865	1.08	7286748.949
236	2.35	-7840584.986	1.08	7259800.913
237	2.36	-7811481.107	1.08	7232852.877
238	2.37	-7782377.228	1.08	7205904.841
239	2.38	-7753273.349	1.08	7178956.805
240	2.39	-7724169.47	1.08	7152008.769
241	2.40	-7695065.591	1.08	7125060.733
242	2.41	-7665961.713	1.08	7098112.697
243	2.42	-7636857.834	1.08	7071164.661
244	2.43	-7607753.955	1.08	7044216.625
245	2.44	-7578650.076	1.08	7017268.589
246	2.45	-7549546.197	1.08	6990320.553
247	2.46	-7520442.318	1.08	6963372.517
248	2.47	-7491338.439	1.08	6936424.48
249	2.48	-7462234.56	1.08	6909476.444
250	2.49	-7433130.681	1.08	6882528.408
251	2.50	-7404026.802	1.08	6855580.372
252	2.51	-7374922.923	1.08	6828632.336
253	2.52	-7345819.044	1.08	6801684.3
254	2.53	-7316715.165	1.08	6774736.264
255	2.54	-7287611.286	1.08	6747788.228
256	2.55	-7258507.407	1.08	6720840.192
257	2.56	-7229403.528	1.08	6693892.156
258	2.57	-7200299.65	1.08	6666944.12
259	2.58	-7171195.771	1.08	6639996.084
260	2.59	-7142091.892	1.08	6613048.048
261	2.60	-7112988.013	1.08	6586100.012
262	2.61	-7083884.134	1.08	6559151.976
263	2.62	-7054780.255	1.08	6532203.94
264	2.63	-7025676.376	1.08	6505255.904
265	2.64	-6996572.497	1.08	6478307.868
266	2.65	-6967468.618	1.08	6451359.831

280	2.79	-6560014.313	1.08	6074087.327
281	2.80	-6530910.434	1.08	6047139.291
282	2.81	-6501806.555	1.08	6020191.255
283	2.82	-6472702.676	1.08	5993243.219
284	2.83	-6443598.797	1.08	5966295.183
285	2.84	-6414494.918	1.08	5939347.146
286	2.85	-6385391.039	1.08	5912399.11
287	2.86	-6356287.16	1.08	5885451.074
288	2.87	-6327183.281	1.08	5858503.038
289	2.88	-6298079.402	1.08	5831555.002
290	2.89	-6268975.523	1.08	5804606.966
291	2.90	-6239871.645	1.08	5777658.93
292	2.91	-6210767.766	1.08	5750710.894
293	2.92	-6181663.887	1.08	5723762.858
294	2.93	-6152560.008	1.08	5696814.822
295	2.94	-6123456.129	1.08	5669866.786
296	2.95	-6094352.25	1.08	5642918.75
297	2.96	-6007040.613	1.08	5562074.642
298	2.97	-6007040.613	1.08	5562074.642
299	2.98	-6007040.613	1.08	5562074.642
300	2.99	-6007040.613	1.08	5562074.642
301	3.00	-6007040.613	1.08	5562074.642

Di sini hanya sebagai contoh perhitungan RAO displacement dan tegangan pada Hang Tuah MOGPU akibat eksitasi gelombang arah Barat pada kondisi normal di perairan Natuna. Dengan cara yang sama, perhitungan ini dilakukan untuk arah gelombang yang lain sesuai dengan parameter yang ada baik untuk operasional maupun kondisi badai.



LAMPIRAN E
PERHITUNGAN
RESPON SPEKTRA

**RESPON SPEKTRA DISPLACEMENT
STRUKTUR HANG TUAH MOgPU**

KTRUM DISPLACEMENT AKIBAT BEBAN GELOMBANG PADA KONDISI OPERASIONAL

$$S_R(\omega) = [RAO(\omega)]^2 S(\omega)$$

mana : S_R = respons spectra
 RAO = transfer function
 S = wave spectra
 ω = frequency angular (rad/sec)

ction : West (0 Degrees)

S(ω)	RAO(ω)			S _R (ω)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
0.00000000000	0.000220	0.000001	0.000000	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000220	0.000001	0.000000	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000220	0.000001	0.000000	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000220	0.000001	0.000000	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000221	0.000001	0.000000	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000222	0.000001	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000222	0.000001	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000223	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000223	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000224	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000225	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000225	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000226	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000226	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000227	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000228	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
0.00000000000	0.000228	0.000002	0.000001	1.19301E-298	1.44273E-302	3.60683E-306
0.00000000000	0.000229	0.000002	0.000001	3.74515E-235	2.45071E-239	6.12677E-243
0.00000000000	0.000230	0.000002	0.000001	4.36573E-188	2.84160E-192	7.10401E-196
0.00000000000	0.000230	0.000002	0.000001	1.78081E-152	1.15296E-156	2.88240E-160
0.00000000000	0.000231	0.000002	0.000001	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

.000000000000	0.000239	0.000007	0.000002	6.22832E-22	5.99771E-25	3.74857E
.000000000000	0.000239	0.000007	0.000002	3.64774E-20	3.49476E-23	2.18422E
.000000000002	0.000240	0.000007	0.000002	1.20541E-18	1.14898E-21	7.18110E
.000000000043	0.000241	0.000007	0.000002	2.46380E-17	2.33654E-20	1.46034E
.000000000577	0.000241	0.000007	0.000002	3.35808E-16	3.16852E-19	1.98032E
.000000005555	0.000242	0.000007	0.000002	3.24680E-15	3.04805E-18	1.90503E
.000000039899	0.000242	0.000007	0.000002	2.34378E-14	2.18922E-17	1.36827E
.00000223252	0.000243	0.000007	0.000002	1.31808E-13	1.22498E-16	7.65611E
.00001008385	0.000244	0.000007	0.000002	5.98349E-13	5.53298E-16	3.45811E
.00003787815	0.000244	0.000007	0.000002	2.25888E-12	2.07836E-15	1.29898E
.00012133395	0.000245	0.000007	0.000002	7.27206E-12	6.65756E-15	4.16097E
.00033855403	0.000245	0.000007	0.000002	2.03924E-11	1.85764E-14	1.16102E
.00083783113	0.000246	0.000007	0.000002	5.07175E-11	4.59715E-14	2.87322E
.00186742689	0.000247	0.000007	0.000002	1.13605E-10	1.02465E-13	6.40407E
.00379841058	0.000247	0.000007	0.000002	2.32224E-10	2.08418E-13	1.30261E
.00713079889	0.000248	0.000007	0.000002	4.38114E-10	3.91265E-13	2.44540E
.01247623392	0.000248	0.000007	0.000002	7.70321E-10	6.84567E-13	4.27854E
.02051640704	0.000249	0.000012	0.000002	1.27298E-09	2.97263E-12	7.03580E
.03194316271	0.000250	0.000012	0.000002	1.99172E-09	4.62825E-12	1.09544E
.04739132513	0.000250	0.000012	0.000002	2.96942E-09	6.86654E-12	1.62522E
.06737728840	0.000251	0.000012	0.000002	4.24233E-09	9.76231E-12	2.31061E
.09225507685	0.000252	0.000012	0.000002	5.83706E-09	1.33669E-11	3.16375E
.12219772473	0.000252	0.000012	0.000002	7.76917E-09	1.77053E-11	4.19059E
.15720673547	0.000253	0.000012	0.000002	1.00435E-08	2.27777E-11	5.39118E
.20990184135	0.000253	0.000012	0.000002	1.34750E-08	3.04127E-11	7.19828E
.26016577066	0.000254	0.000012	0.000002	1.67824E-08	3.76955E-11	8.92201E
.31643765990	0.000255	0.000012	0.000002	2.05107E-08	4.58487E-11	1.08518E
.37858020777	0.000255	0.000012	0.000003	2.46565E-08	5.48526E-11	2.92114E
.44642001294	0.000256	0.000012	0.000003	2.92143E-08	6.46819E-11	3.44460E
.51974729197	0.000256	0.000012	0.000003	3.41756E-08	7.53063E-11	4.01040E
.59829829819	0.000257	0.000012	0.000003	3.95284E-08	8.66876E-11	4.61650E
.68172029534	0.000258	0.000012	0.000003	4.52543E-08	9.87746E-11	5.26019E
.76952126681	0.000258	0.000012	0.000003	5.13254E-08	1.11496E-10	5.93766E
.86100903840	0.000259	0.000012	0.000003	5.76995E-08	1.24752E-10	6.64359E
.95522717422	0.000259	0.000012	0.000003	6.43161E-08	1.38403E-10	7.37058E
.05089771144	0.000260	0.000012	0.000003	7.10913E-08	1.52265E-10	8.10878E

.45688842278	0.000269	0.000017	0.000003	1.05146E-07	4.04691E-10	1.12414E
.39002814733	0.000269	0.000017	0.000003	1.00778E-07	3.86119E-10	1.07255E
.31841140792	0.000270	0.000017	0.000003	9.60199E-08	3.66225E-10	1.01729E
.24454094164	0.000270	0.000017	0.000003	9.10509E-08	3.45706E-10	9.60294E
.17058256014	0.000271	0.000017	0.000003	8.60275E-08	3.25162E-10	9.03227E
.09829464996	0.000272	0.000017	0.000003	8.10793E-08	3.05082E-10	8.47450E
.02900853265	0.000272	0.000017	0.000003	7.63065E-08	2.85836E-10	7.93988E
.096364857455	0.000273	0.000017	0.000003	7.17808E-08	2.67680E-10	7.43556E
.090277884667	0.000274	0.000017	0.000003	6.75482E-08	2.50772E-10	6.96589E
.084666384002	0.000274	0.000017	0.000003	6.36329E-08	2.35184E-10	6.53290E
.079533312858	0.000275	0.000017	0.000003	6.00418E-08	2.20926E-10	6.13683E
.074864288788	0.000275	0.000017	0.000003	5.67687E-08	2.07956E-10	5.77657E
.070633006003	0.000276	0.000017	0.000003	5.37982E-08	1.96203E-10	5.45008E
.066805728455	0.000277	0.000017	0.000003	5.11087E-08	1.85571E-10	5.15476E
.063344835038	0.000277	0.000017	0.000003	4.86754E-08	1.75958E-10	4.88772E
.060211491655	0.000278	0.000017	0.000003	4.64719E-08	1.67254E-10	4.64595E
.057367573460	0.000278	0.000017	0.000003	4.44719E-08	1.59354E-10	4.42651E
.054776974466	0.000279	0.000023	0.000003	4.26503E-08	2.93515E-10	4.22662E
.052406434956	0.000280	0.000023	0.000003	4.09834E-08	2.80813E-10	4.04371E
.050226000478	0.000280	0.000023	0.000003	3.94501E-08	2.69129E-10	3.87546E
.048209206498	0.000281	0.000023	0.000003	3.80314E-08	2.58323E-10	3.71985E
.046333064136	0.000281	0.000023	0.000003	3.67105E-08	2.48270E-10	3.57508E
.044577906418	0.000282	0.000023	0.000003	3.54734E-08	2.38865E-10	3.43965E
.042927141625	0.000283	0.000023	0.000003	3.43080E-08	2.30019E-10	3.31228E
.041366950193	0.000283	0.000023	0.000003	3.32041E-08	2.21659E-10	3.19189E
.039885953592	0.000284	0.000023	0.000003	3.21536E-08	2.13724E-10	3.07762E
.038474877086	0.000285	0.000023	0.000004	3.11498E-08	2.06163E-10	5.27776E
.037126222792	0.000285	0.000023	0.000004	3.01871E-08	1.98936E-10	5.09276E
.035833964748	0.000286	0.000023	0.000004	2.92614E-08	1.92012E-10	4.91550E
.034593273629	0.000286	0.000023	0.000004	2.83692E-08	1.85363E-10	4.74531E
.033400275288	0.000287	0.000023	0.000004	2.75079E-08	1.78971E-10	4.58166E
.032251844489	0.000288	0.000023	0.000004	2.66753E-08	1.72817E-10	4.42412E
.031145433011	0.000288	0.000023	0.000004	2.58698E-08	1.66889E-10	4.27235E
.030078929745	0.000289	0.000023	0.000004	2.50900E-08	1.61174E-10	4.12605E
.029050549409	0.000289	0.000023	0.000004	2.43349E-08	1.55664E-10	3.98499E
.028058746015	0.000290	0.000023	0.000004	2.36034E-08	1.50349E-10	3.84894E

0.17377483156	0.000299	0.000035	0.000004	1.54933E-08	2.15133E-10	2.38374E
0.16804881696	0.000299	0.000035	0.000004	1.50442E-08	2.08044E-10	2.30520E
0.16253083453	0.000300	0.000035	0.000004	1.46097E-08	2.01213E-10	2.22950E
0.15721325095	0.000300	0.000035	0.000004	1.41894E-08	1.94630E-10	2.15656E
0.15208866309	0.000301	0.000035	0.000004	1.37828E-08	1.88285E-10	2.08626E
0.14714989847	0.000302	0.000035	0.000004	1.33894E-08	1.82171E-10	2.01852E
0.14239001471	0.000302	0.000035	0.000004	1.30088E-08	1.76278E-10	1.95322E
0.13780229799	0.000303	0.000035	0.000004	1.26407E-08	1.70599E-10	1.89029E
0.13338026070	0.000303	0.000035	0.000006	1.22845E-08	1.65124E-10	4.11667E
0.12911763834	0.000304	0.000046	0.000006	1.19398E-08	2.76744E-10	3.98511E
0.12500838581	0.000305	0.000046	0.000006	1.16063E-08	2.67936E-10	3.85828E
0.12104667325	0.000305	0.000046	0.000006	1.12836E-08	2.59445E-10	3.73601E
0.11722688134	0.000306	0.000046	0.000006	1.09713E-08	2.51258E-10	3.61811E
0.11354359641	0.000307	0.000046	0.000006	1.06691E-08	2.43363E-10	3.50443E
0.10999160512	0.000307	0.000046	0.000006	1.03766E-08	2.35750E-10	3.39480E
0.10656588914	0.000308	0.000046	0.000006	1.00935E-08	2.28408E-10	3.28907E
0.10326161948	0.000308	0.000046	0.000006	9.81938E-09	2.21325E-10	3.18709E
0.10007415091	0.000309	0.000046	0.000006	9.55403E-09	2.14494E-10	3.08871E
0.09699901619	0.000310	0.000046	0.000006	9.29712E-09	2.07903E-10	2.99380E
0.09403192040	0.000310	0.000046	0.000006	9.04835E-09	2.01543E-10	2.90222E
0.09116873517	0.000311	0.000046	0.000006	8.80743E-09	1.95406E-10	2.81385E
0.08840549309	0.000311	0.000048	0.000006	8.57410E-09	2.04946E-10	2.72856E
0.08573838204	0.000312	0.000048	0.000006	8.34810E-09	1.98763E-10	2.64625E
0.08316373973	0.000313	0.000048	0.000006	8.14554E-09	1.92794E-10	2.56678E
0.08067804824	0.000314	0.000048	0.000006	7.94890E-09	1.87031E-10	2.49006E
0.07827792875	0.000314	0.000048	0.000006	7.71243E-09	1.81467E-10	2.41599E
0.07596013632	0.000314	0.000048	0.000006	7.48407E-09	1.76094E-10	2.34445E
0.07372155487	0.000316	0.000048	0.000006	7.34947E-09	1.70905E-10	2.27536E
0.07155919224	0.000317	0.000056	0.000006	7.17580E-09	2.28285E-10	2.20862E
0.06947017539	0.000317	0.000056	0.000006	6.96631E-09	2.21621E-10	2.14414E
0.06745174581	0.000318	0.000056	0.000006	6.80352E-09	2.15182E-10	2.08184E
0.06550125495	0.000318	0.000056	0.000006	6.60679E-09	2.08959E-10	2.02164E
0.06361615995	0.000328	0.000056	0.000007	6.83481E-09	2.02946E-10	2.76490E
0.06179401939	0.000393	0.000056	0.000007	9.52425E-09	1.97133E-10	2.68571E
0.06003248922	0.000486	0.000056	0.000007	1.41859E-08	1.91513E-10	2.60915E
0.05832931886	0.000580	0.000056	0.000007	1.95969E-08	1.86080E-10	2.53513E

0.03954492873	0.001826	0.000115	0.000007	1.31843E-07	5.21299E-10	2.16982E
0.03850020632	0.002101	0.000116	0.000008	1.69936E-07	5.15746E-10	2.67363E
0.03748785833	0.002305	0.000117	0.000008	1.99110E-07	5.10251E-10	2.60332E
0.03650674792	0.002508	0.000118	0.000009	2.29691E-07	5.04816E-10	3.12987E
0.03555578215	0.002477	0.000118	0.000009	2.18209E-07	4.91666E-10	3.04834E
0.03463391017	0.002446	0.000117	0.000008	2.07262E-07	4.71406E-10	2.40513E
0.03374012151	0.002216	0.000117	0.000008	1.65740E-07	4.59241E-10	2.34306E
0.03287344439	0.001986	0.000116	0.000007	1.29714E-07	4.40370E-10	1.80376E
0.03203294418	0.001756	0.000116	0.000007	9.88289E-08	4.29111E-10	1.75764E
0.03121772181	0.001338	0.000115	0.000007	5.59100E-08	4.11526E-10	1.71291E
0.03042691236	0.000920	0.000115	0.000006	2.57568E-08	4.01101E-10	1.27822E
0.02965968366	0.000502	0.000114	0.000006	7.46995E-09	3.84706E-10	1.24599E
0.02891523496	0.000328	0.000114	0.000006	3.10660E-09	3.75050E-10	1.21472E
0.02819279562	0.000307	0.000077	0.000006	2.66420E-09	1.66512E-10	9.90035E
0.02749162391	0.000298	0.000077	0.000006	2.44379E-09	1.62371E-10	9.65412E
0.02681100585	0.000297	0.000077	0.000006	2.36851E-09	1.58351E-10	9.41511E
0.02615025406	0.000296	0.000062	0.000006	2.29577E-09	1.00642E-10	9.18308E
0.02550870669	0.000295	0.000062	0.000006	2.22547E-09	9.81727E-11	8.95779E
0.02488572643	0.000295	0.000056	0.000006	2.17112E-09	7.93894E-11	8.73902E
0.02428069946	0.000294	0.000056	0.000006	2.10508E-09	7.74593E-11	8.52656E
0.02369303456	0.000294	0.000049	0.000006	2.04123E-09	5.70591E-11	8.32019E
0.02312216219	0.000293	0.000049	0.000006	1.97950E-09	5.56843E-11	7.04163E
0.02256753363	0.000292	0.000034	0.000006	1.91981E-09	2.64874E-11	6.87273E
0.02202862012	0.000291	0.000034	0.000006	1.86208E-09	2.58549E-11	6.70861E
0.02150491212	0.000290	0.000034	0.000006	1.80625E-09	2.52402E-11	6.54912E
0.02099591850	0.000290	0.000034	0.000006	1.76350E-09	2.46428E-11	6.39411E
0.02050116587	0.000289	0.000024	0.000006	1.71096E-09	1.18817E-11	6.24343E
0.02002019782	0.000288	0.000024	0.000006	1.66013E-09	1.16029E-11	6.09696E
0.01955257429	0.000287	0.000024	0.000006	1.61094E-09	1.13319E-11	5.95455E
0.01909787092	0.000285	0.000024	0.000006	1.55030E-09	1.10684E-11	5.81607E
0.01865567845	0.000284	0.000024	0.000005	1.50417E-09	1.08121E-11	5.01579E
0.01822560209	0.000283	0.000024	0.000005	1.45953E-09	1.05628E-11	4.83041E
0.01780726104	0.000282	0.000010	0.000005	1.41632E-09	1.84729E-12	4.65187E
0.01740028786	0.000281	0.000010	0.000005	1.37450E-09	1.80507E-12	4.47992E
0.01700432800	0.000280	0.000010	0.000005	1.33402E-09	1.76399E-12	4.31429E
0.01661903931	0.000279	0.000010	0.000005	1.29483E-09	1.72403E-12	4.21654E

0.01217961287	0.000266	0.000008	0.000005	8.59353E-10	8.45806E-13	2.61051E
0.01192045612	0.000265	0.000008	0.000005	8.34970E-10	8.27809E-13	2.55497E
0.01166784647	0.000264	0.000008	0.000005	8.11330E-10	8.10267E-13	2.50082E
0.01142159336	0.000263	0.000008	0.000005	7.88408E-10	7.93166E-13	2.44804E
0.01118151248	0.000262	0.000008	0.000005	7.66179E-10	7.76494E-13	2.39659E
0.01094742554	0.000261	0.000007	0.000005	7.44621E-10	6.00682E-13	2.34641E
0.01071916005	0.000260	0.000007	0.000004	7.23712E-10	5.88157E-13	1.94459E
0.01049654910	0.000259	0.000007	0.000004	7.03431E-10	5.75942E-13	1.90421E
0.01027943119	0.000258	0.000007	0.000004	6.83757E-10	5.64029E-13	1.80052E
0.01006765001	0.000257	0.000007	0.000004	6.64671E-10	5.52409E-13	1.73235E
0.00986105426	0.000256	0.000007	0.000004	6.46153E-10	5.41073E-13	1.66664E
0.00965949748	0.000255	0.000007	0.000004	6.28185E-10	5.30014E-13	1.60329E
0.00946283789	0.000254	0.000007	0.000004	6.10749E-10	5.19223E-13	1.57065E
0.00927093819	0.000253	0.000007	0.000004	5.93829E-10	5.08693E-13	1.53880E
0.00908366542	0.000252	0.000007	0.000004	5.77407E-10	4.98418E-13	1.50771E
0.00890089083	0.000251	0.000007	0.000004	5.61469E-10	4.88389E-13	1.47738E
0.00872248970	0.000250	0.000007	0.000004	5.45997E-10	4.78600E-13	1.44777E
0.00854834121	0.000249	0.000007	0.000004	5.30978E-10	4.69045E-13	1.41886E
0.00837832833	0.000248	0.000007	0.000004	5.16398E-10	4.59716E-13	1.39064E
0.00821233764	0.000247	0.000007	0.000004	5.02242E-10	4.50608E-13	1.36309E
0.00805025924	0.000246	0.000007	0.000004	4.88497E-10	4.41715E-13	1.33619E
0.00789198663	0.000245	0.000007	0.000004	4.75150E-10	4.33031E-13	1.08258E
0.00773741657	0.000244	0.000007	0.000003	4.62189E-10	4.24550E-13	5.97023E
0.00758644901	0.000243	0.000007	0.000003	4.49601E-10	4.16266E-13	5.85374E
0.00743898693	0.000242	0.000007	0.000003	4.37375E-10	4.08175E-13	5.73996E
0.00729493627	0.000242	0.000006	0.000003	4.25501E-10	3.06457E-13	5.62881E
0.00715420582	0.000241	0.000006	0.000003	4.13966E-10	3.00545E-13	5.52022E
0.00701670714	0.000240	0.000006	0.000003	4.02760E-10	2.94769E-13	5.41413E
0.00688235443	0.000239	0.000006	0.000003	3.91874E-10	2.89125E-13	5.31046E
0.00675106450	0.000238	0.000006	0.000003	3.81297E-10	2.83610E-13	5.20915E
0.00662275660	0.000237	0.000006	0.000003	3.71021E-10	2.78219E-13	5.11015E
0.00649735244	0.000236	0.000006	0.000003	3.61035E-10	2.72951E-13	5.01339E
0.00637477601	0.000235	0.000006	0.000003	3.51331E-10	2.67802E-13	4.91881E
0.00625495358	0.000234	0.000006	0.000003	3.41900E-10	2.62768E-13	4.82635E
0.00613781359	0.000233	0.000006	0.000003	3.32735E-10	2.57847E-13	4.73597E
0.00602328657	0.000232	0.000006	0.000003	3.23827E-10	2.53036E-13	4.64760E

0.00465983417	0.000218	0.000006	0.000002	2.22195E-10	1.95758E-13	1.59802E-16
0.00457740632	0.000217	0.000006	0.000002	2.16340E-10	1.92295E-13	1.56976E-16
0.00449671690	0.000216	0.000006	0.000002	2.10645E-10	1.88905E-13	1.54208E-16
0.00441772345	0.000215	0.000006	0.000002	2.05104E-10	1.85587E-13	1.51499E-16
0.00434038468	0.000215	0.000006	0.000002	1.99714E-10	1.33962E-13	1.48847E-16
0.00426466044	0.000214	0.000006	0.000002	1.94469E-10	1.31625E-13	1.46250E-16
0.00419051168	0.000213	0.000006	0.000002	1.89365E-10	1.29337E-13	1.43708E-16
0.00411790042	0.000212	0.000006	0.000002	1.84399E-10	1.27096E-13	1.41217E-16
0.00404678975	0.000211	0.000006	0.000002	1.79567E-10	1.24901E-13	1.38779E-16
0.00397714371	0.000210	0.000006	0.000002	1.74864E-10	1.22751E-13	1.36390E-16
0.00390892735	0.000209	0.000006	0.000002	1.70287E-10	1.20646E-13	1.34051E-16
0.00384210668	0.000208	0.000006	0.000002	1.65833E-10	1.18584E-13	1.31759E-16
0.00377664859	0.000207	0.000006	0.000002	1.61498E-10	1.16563E-13	1.29515E-16
0.00371252089	0.000206	0.000006	0.000002	1.57278E-10	1.14584E-13	1.27316E-16
0.00364969223	0.000205	0.000006	0.000001	1.53171E-10	1.12645E-13	3.12902E-17
0.00358813211	0.000204	0.000006	0.000001	1.49172E-10	1.10745E-13	3.07624E-17
0.00352781086	0.000203	0.000006	0.000001	1.45280E-10	1.08883E-13	3.02453E-17
0.00346869956	0.000202	0.000006	0.000001	1.41491E-10	1.07059E-13	2.97385E-17
0.00341077008	0.000199	0.000006	0.000001	1.35170E-10	1.05271E-13	2.92419E-17
0.00335399503	0.000199	0.000006	0.000001	1.32920E-10	1.03518E-13	2.87551E-17
0.00329834774	0.000199	0.000004	0.000001	1.30715E-10	4.52448E-14	2.82780E-17
0.00324380223	0.000199	0.000004	0.000001	1.28553E-10	4.44966E-14	2.78104E-17
0.00319033322	0.000199	0.000004	0.000001	1.26434E-10	4.37631E-14	2.73520E-17

RESPON SPEKTRA TEGANGAN STRUKTUR HANG TUAH MOgPU

KTRUM TEGANGAN AKIBAT BEBAN GELOMBANG PADA KONDISI OPERASIONAL

$$S_R(\omega) = [RAO(\omega)]^2 S(\omega)$$

dimana :

S_R = respons spectra

RAO = transfer function

S = wave spectra

ω = frequency angular (rad/sec)

ction : West (0 Degrees)

	$S(\omega)$	$RAO(\omega)$	$S_R(\omega)$
00	0.000000000000	6.157E+06	0.000E+00
01	0.000000000000	6.157E+06	0.000E+00
02	0.000000000000	6.157E+06	0.000E+00
03	0.000000000000	6.157E+06	0.000E+00
04	0.000000000000	6.174E+06	0.000E+00
05	0.000000000000	6.191E+06	0.000E+00
06	0.000000000000	6.208E+06	0.000E+00
07	0.000000000000	6.225E+06	0.000E+00
08	0.000000000000	6.242E+06	0.000E+00
09	0.000000000000	6.260E+06	0.000E+00
10	0.000000000000	6.277E+06	0.000E+00
11	0.000000000000	6.294E+06	0.000E+00
12	0.000000000000	6.311E+06	0.000E+00
13	0.000000000000	6.328E+06	0.000E+00
14	0.000000000000	6.345E+06	0.000E+00
15	0.000000000000	6.362E+06	0.000E+00
16	0.000000000000	6.379E+06	0.000E+00
17	0.000000000000	6.396E+06	0.000E+00
18	0.000000000000	6.413E+06	0.000E+00
19	0.000000000000	6.430E+06	0.000E+00
20	0.000000000000	6.447E+06	0.000E+00

33	0.000000000000	6.669E+06	1.116E-82
34	0.000000000000	6.686E+06	1.011E-71
35	0.000000000000	6.703E+06	2.855E-62
36	0.000000000000	6.721E+06	4.380E-54
37	0.000000000000	6.738E+06	5.748E-47
38	0.000000000000	6.755E+06	9.370E-41
39	0.000000000000	6.772E+06	2.585E-35
40	0.000000000000	6.789E+06	1.560E-30
41	0.000000000000	6.806E+06	2.553E-26
42	0.000000000000	6.823E+06	1.356E-22
43	0.000000000000	6.840E+06	2.723E-19
44	0.000000000000	6.857E+06	2.349E-16
45	0.000000000000	6.874E+06	9.709E-14
46	0.000000000000	6.891E+06	2.111E-11
47	0.000000000000	6.908E+06	2.614E-09
48	0.000000000000	6.925E+06	1.974E-07
49	0.000000000000	6.943E+06	9.643E-06
50	0.000000000000	6.960E+06	3.206E-04
51	0.000000000000	6.977E+06	7.581E-03
52	0.000000000000	6.994E+06	1.325E-01
53	0.000000000000	7.011E+06	1.770E+00
54	0.000000000000	7.028E+06	1.860E+01
55	0.000000000000	7.045E+06	1.578E+02
56	0.000000000002	7.062E+06	1.105E+03
57	0.000000000013	7.079E+06	6.514E+03
58	0.000000000065	7.096E+06	3.291E+04
59	0.000000000286	7.113E+06	1.447E+05
60	0.00000001103	7.130E+06	5.610E+05
61	0.00000003802	7.147E+06	1.942E+06
62	0.00000011826	7.164E+06	6.070E+06
63	0.00000033516	7.182E+06	1.729E+07
64	0.00000087313	7.199E+06	4.525E+07
65	0.00000210681	7.216E+06	1.097E+08
66	0.00000474129	7.233E+06	2.480E+08
67	0.00001001325	7.250E+06	5.263E+08
68	0.00001995625	7.267E+06	1.054E+09

32	0.00584956139	7.506E+06	3.296E+11
33	0.00731985654	7.523E+06	4.143E+11
34	0.00902403331	7.540E+06	5.130E+11
35	0.01097320095	7.557E+06	6.267E+11
36	0.01317581496	7.574E+06	7.559E+11
37	0.01563775948	7.591E+06	9.012E+11
38	0.01836254404	7.608E+06	1.063E+12
39	0.02135158393	7.625E+06	1.242E+12
40	0.02460452891	7.643E+06	1.437E+12
41	0.02811960450	7.660E+06	1.650E+12
42	0.03189393070	7.677E+06	1.880E+12
43	0.03592378674	7.694E+06	2.126E+12
44	0.04020479492	7.711E+06	2.390E+12
45	0.04473200212	7.728E+06	2.671E+12
46	0.04949984372	7.745E+06	2.969E+12
47	0.05450198094	7.762E+06	3.284E+12
48	0.05973100902	7.779E+06	3.615E+12
49	0.06517804042	7.796E+06	3.962E+12
50	0.07083217407	7.813E+06	4.324E+12
51	0.07667986881	7.830E+06	4.702E+12
52	0.08270424702	7.847E+06	5.093E+12
53	0.08888436231	7.865E+06	5.498E+12
54	0.09519447332	7.882E+06	5.913E+12
55	0.10160337376	7.899E+06	6.339E+12
56	0.10807383551	7.916E+06	6.772E+12
57	0.11456222658	7.933E+06	7.209E+12
58	0.12101836762	7.950E+06	7.648E+12
59	0.12738568797	7.967E+06	8.085E+12
60	0.13360173388	7.984E+06	8.516E+12
61	0.13959906723	8.001E+06	8.937E+12
62	0.14530657134	8.018E+06	9.342E+12
63	0.15065115316	8.035E+06	9.727E+12
64	0.15555979879	8.052E+06	1.009E+13
65	0.15996190527	8.069E+06	1.042E+13
66	0.16379177860	8.086E+06	1.071E+13
67	0.16699116060	8.104E+06	1.097E+13

31	0.14265005321	8.343E+06	9.928E+12
32	0.13771002446	8.360E+06	9.624E+12
33	0.13270007273	8.377E+06	9.312E+12
34	0.12767915482	8.394E+06	8.996E+12
35	0.12269903647	8.411E+06	8.680E+12
36	0.11780393983	8.428E+06	8.368E+12
37	0.11303051956	8.445E+06	8.061E+12
38	0.10840810881	8.462E+06	7.763E+12
39	0.10395917218	8.479E+06	7.474E+12
40	0.09969990454	8.496E+06	7.197E+12
41	0.09564091993	8.513E+06	6.932E+12
42	0.09178798245	8.530E+06	6.679E+12
43	0.08814274058	8.547E+06	6.440E+12
44	0.08470343521	8.565E+06	6.213E+12
45	0.08146556050	8.582E+06	5.999E+12
46	0.07842246430	8.599E+06	5.798E+12
47	0.07556588101	8.616E+06	5.609E+12
48	0.07288639468	8.633E+06	5.432E+12
49	0.07037383394	8.650E+06	5.265E+12
50	0.06801760238	8.667E+06	5.109E+12
51	0.06580695021	8.684E+06	4.963E+12
52	0.06373119294	8.701E+06	4.825E+12
53	0.06177988401	8.718E+06	4.696E+12
54	0.05994294721	8.744E+06	4.583E+12
55	0.05821077517	8.770E+06	4.477E+12
56	0.05657429898	8.770E+06	4.351E+12
57	0.05502503396	8.770E+06	4.232E+12
58	0.05355510552	8.822E+06	4.168E+12
59	0.05215725899	8.848E+06	4.083E+12
60	0.05082485627	8.848E+06	3.979E+12
61	0.04955186221	8.873E+06	3.902E+12
62	0.04833282281	8.873E+06	3.806E+12
63	0.04716283728	9.158E+06	3.956E+12
64	0.04603752570	1.097E+07	5.539E+12
65	0.04495299346	1.358E+07	8.292E+12
66	0.04390579406	1.619E+07	1.152E+13

80	0.03199288811	5.102E+07	8.327E+13
81	0.03128993483	5.870E+07	1.078E+14
82	0.03060307388	6.439E+07	1.269E+14
83	0.02993189944	7.008E+07	1.470E+14
84	0.02927603414	6.922E+07	1.403E+14
85	0.02863512364	6.835E+07	1.338E+14
86	0.02800883219	6.192E+07	1.074E+14
87	0.02739683904	5.550E+07	8.439E+13
88	0.02679883559	4.908E+07	6.454E+13
89	0.02621452317	3.739E+07	3.665E+13
90	0.02564361124	2.571E+07	1.695E+13
91	0.02508581606	1.402E+07	4.932E+12
92	0.02454085972	9.158E+06	2.058E+12
93	0.02400846931	8.589E+06	1.771E+12
94	0.02348837646	8.330E+06	1.630E+12
95	0.02298031695	8.304E+06	1.585E+12
96	0.02248403044	8.278E+06	1.541E+12
97	0.02199926033	8.253E+06	1.498E+12
98	0.02152575370	8.253E+06	1.466E+12
99	0.02106326127	8.227E+06	1.426E+12
00	0.02061153740	8.201E+06	1.386E+12
01	0.02017034013	8.175E+06	1.348E+12
02	0.01973943123	8.149E+06	1.311E+12
03	0.01931857625	8.123E+06	1.275E+12
04	0.01890754454	8.097E+06	1.240E+12
05	0.01850610938	8.097E+06	1.213E+12
06	0.01811404795	8.071E+06	1.180E+12
07	0.01773114142	8.046E+06	1.148E+12
08	0.01735717495	8.020E+06	1.116E+12
09	0.01699193774	7.960E+06	1.077E+12
10	0.01663522305	7.934E+06	1.047E+12
11	0.01628682820	7.907E+06	1.018E+12
12	0.01594655456	7.880E+06	9.901E+11
13	0.01561420757	7.853E+06	9.628E+11
14	0.01528959673	7.826E+06	9.364E+11
15	0.01497253553	7.799E+06	9.106E+11

29	0.01123124533	7.421E+06	6.186E+11
30	0.01100767484	7.395E+06	6.019E+11
31	0.01078918482	7.368E+06	5.857E+11
32	0.01057565035	7.341E+06	5.699E+11
33	0.01036694960	7.314E+06	5.545E+11
34	0.01016296374	7.287E+06	5.396E+11
35	0.00996357692	7.260E+06	5.251E+11
36	0.00976867616	7.233E+06	5.110E+11
37	0.00957815135	7.206E+06	4.973E+11
38	0.00939189511	7.179E+06	4.840E+11
39	0.00920980280	7.152E+06	4.711E+11
40	0.00903177239	7.125E+06	4.585E+11
41	0.00885770445	7.098E+06	4.463E+11
42	0.00868750209	7.071E+06	4.344E+11
43	0.00852107085	7.044E+06	4.228E+11
44	0.00835831870	7.017E+06	4.116E+11
45	0.00819915594	6.990E+06	4.006E+11
46	0.00804349517	6.963E+06	3.900E+11
47	0.00789125121	6.936E+06	3.797E+11
48	0.00774234108	6.909E+06	3.696E+11
49	0.00759668390	6.883E+06	3.598E+11
50	0.00745420087	6.856E+06	3.503E+11
51	0.00731481523	6.829E+06	3.411E+11
52	0.00717845216	6.802E+06	3.321E+11
53	0.00704503876	6.775E+06	3.233E+11
54	0.00691450403	6.748E+06	3.148E+11
55	0.00678677875	6.721E+06	3.066E+11
56	0.00666179552	6.694E+06	2.985E+11
57	0.00653948863	6.667E+06	2.907E+11
58	0.00641979407	6.640E+06	2.830E+11
59	0.00630264948	6.613E+06	2.756E+11
60	0.00618799409	6.586E+06	2.684E+11
61	0.00607576869	6.559E+06	2.614E+11
62	0.00596591559	6.532E+06	2.546E+11
63	0.00585837855	6.505E+06	2.479E+11
64	0.00575310281	6.478E+06	2.414E+11

78	0.00448911565	6.101E+06	1.671E+11
79	0.00441205530	6.074E+06	1.628E+11
80	0.00433654715	6.047E+06	1.586E+11
81	0.00426255581	6.020E+06	1.545E+11
82	0.00419004674	5.993E+06	1.505E+11
83	0.00411898628	5.966E+06	1.466E+11
84	0.00404934161	5.939E+06	1.428E+11
85	0.00398108072	5.912E+06	1.392E+11
86	0.00391417242	5.885E+06	1.356E+11
87	0.00384858627	5.859E+06	1.321E+11
88	0.00378429259	5.832E+06	1.287E+11
89	0.00372126243	5.805E+06	1.254E+11
90	0.00365946758	5.778E+06	1.222E+11
91	0.00359888050	5.751E+06	1.190E+11
92	0.00353947433	5.724E+06	1.160E+11
93	0.00348122288	5.697E+06	1.130E+11
94	0.00342410060	5.670E+06	1.101E+11
95	0.00336808256	5.643E+06	1.072E+11
96	0.00331314445	5.562E+06	1.025E+11
97	0.00325926254	5.562E+06	1.008E+11
98	0.00320641369	5.562E+06	9.920E+10
99	0.00315457530	5.562E+06	9.759E+10
00	0.00310372535	5.562E+06	9.602E+10

E ini hanya sebagai contoh perhitungan respon spektra untuk displacement gan struktur Hang Tuah MOgPU akibat eksitasi gelombang arah Barat pada perasional di perairan Natuna. Dengan cara yang sama, perhitungan ini untuk arah gelombang yang lain sesuai dengan parameter yang ada baik diasi operasional maupun kondisi badai.



LAMPIRAN F
PERHITUNGAN
NILAI EKSTREM

**NILAI EKSTREM DISPLACEMENT
STRUKTUR HANG TUAH MOgPU
PROBABILITAS 62.3%, PELUANG TERLAMPAUI
1% DAN 5%**

Impaksi yang diambil pada saat perancangan

Wave Direction : West

Y	Z	FS	$\Sigma m0$		Y		Z		$\Sigma m2$		Y		Z	
			X						X					
0	0	1	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0
0	0	4	0			0		0	0			0		0
0	0	2	0			0		0	0			0		0

2.8E-192	7.1E-193	2	1.57E-188	1E-192	2.6E-193	5.7E-189	3.7E-193	9.2E-194
1.2E-156	2.9E-157	4	1.35E-152	8.8E-157	2.2E-157	1E-152	6.7E-157	1.7E-157
2.5E-129	6.3E-130	2	1.55E-125	1E-129	2.5E-130	6.2E-126	4E-130	1E-130
1E-107	1.1E-108	4	6E-104	8.7E-108	9.6E-109	5E-104	7.3E-108	8.1E-109
5.6E-91	6.22E-92	2	1.717E-87	2.46E-91	2.74E-92	7.55E-88	1.08E-91	1.2E-92
1.15E-77	5.11E-78	4	7.419E-74	1.06E-77	4.7E-78	6.83E-74	9.74E-78	4.33E-78
5.69E-67	2.53E-67	2	1.926E-63	2.73E-67	1.21E-67	9.24E-64	1.31E-67	5.83E-68
2.65E-58	1.18E-58	4	1.877E-54	2.65E-58	1.18E-58	1.88E-54	2.65E-58	1.18E-58
3.2E-51	1.42E-51	2	1.187E-47	1.67E-51	7.4E-52	6.17E-48	8.66E-52	3.85E-52
2.17E-45	9.65E-46	4	1.678E-41	2.34E-45	1.04E-45	1.81E-41	2.53E-45	1.13E-45
1.48E-40	6.58E-41	2	5.963E-37	8.29E-41	3.68E-41	3.34E-37	4.64E-41	2.06E-41
1.59E-36	7.09E-37	4	1.338E-32	1.85E-36	8.22E-37	1.55E-32	2.15E-36	9.53E-37
3.86E-33	1.72E-33	2	1.684E-29	2.32E-33	1.03E-33	1.01E-29	1.39E-33	6.17E-34
2.76E-30	1.23E-30	4	2.506E-26	3.43E-30	1.52E-30	3.11E-26	4.25E-30	1.89E-30
7.29E-28	3.24E-28	2	3.43E-24	4.67E-28	2.07E-28	2.2E-24	2.99E-28	1.33E-28
6E-25	3.75E-26	4	8.221E-22	7.92E-25	4.95E-26	1.09E-21	1.05E-24	6.53E-26
3.49E-23	2.18E-24	2	2.48E-20	2.38E-23	1.49E-24	1.69E-20	1.62E-23	1.01E-24
1.15E-21	7.18E-23	4	1.688E-18	1.61E-21	1.01E-22	2.36E-18	2.25E-21	1.41E-22
2.34E-20	1.46E-21	2	1.774E-17	1.68E-20	1.05E-21	1.28E-17	1.21E-20	7.57E-22
3.17E-19	1.98E-20	4	4.97E-16	4.69E-19	2.93E-20	7.36E-16	6.94E-19	4.34E-20
3.05E-18	1.91E-19	2	2.468E-15	2.32E-18	1.45E-19	1.88E-15	1.76E-18	1.1E-19
2.19E-17	1.37E-18	4	3.656E-14	3.42E-17	2.13E-18	5.7E-14	5.33E-17	3.33E-18
1.22E-16	7.66E-18	2	1.054E-13	9.8E-17	6.12E-18	8.44E-14	7.84E-17	4.9E-18
5.53E-16	3.46E-17	4	9.813E-13	9.07E-16	5.67E-17	1.61E-12	1.49E-15	9.3E-17
2.08E-15	1.3E-16	2	1.897E-12	1.75E-15	1.09E-16	1.59E-12	1.47E-15	9.17E-17
3.66E-15	4.16E-16	4	1.251E-11	1.15E-14	7.16E-16	2.15E-11	1.97E-14	1.23E-15
1.86E-14	1.16E-15	2	1.795E-11	1.63E-14	1.02E-15	1.58E-11	1.44E-14	8.99E-16

5.91E-13	2.45E-14	2	4.206E-10	3.76E-13	2.35E-14	4.04E-14	3.61E-13	2.25E-14
5.85E-13	4.28E-14	4	1.51E-09	1.34E-12	8.39E-14	2.96E-09	2.63E-12	1.64E-13
2.97E-12	7.04E-14	2	1.273E-09	2.97E-12	7.04E-14	1.27E-09	2.97E-12	7.04E-14
4.63E-12	1.1E-13	4	4.063E-09	9.44E-12	2.23E-13	8.29E-09	1.93E-11	4.56E-13
3.87E-12	1.63E-13	2	3.088E-09	7.14E-12	1.69E-13	3.21E-09	7.43E-12	1.76E-13
9.76E-12	2.31E-13	4	8.994E-09	2.07E-11	4.9E-13	1.91E-08	4.39E-11	1.04E-12
1.34E-11	3.16E-13	2	6.304E-09	1.44E-11	3.42E-13	6.81E-09	1.56E-11	3.69E-13
1.77E-11	4.19E-13	4	1.709E-08	3.9E-11	9.22E-13	3.76E-08	8.57E-11	2.03E-12
2.28E-11	5.39E-13	2	1.125E-08	2.55E-11	6.04E-13	1.26E-08	2.86E-11	6.76E-13
3.04E-11	7.2E-13	4	3.072E-08	6.93E-11	1.64E-12	7E-08	1.58E-10	3.74E-12
3.77E-11	8.92E-13	2	1.947E-08	4.37E-11	1.03E-12	2.26E-08	5.07E-11	1.2E-12
4.58E-11	1.09E-12	4	4.841E-08	1.08E-10	2.56E-12	1.14E-07	2.55E-10	6.04E-12
5.49E-11	2.92E-12	2	2.959E-08	6.58E-11	3.51E-12	3.55E-08	7.9E-11	4.21E-12
6.47E-11	3.44E-12	4	7.128E-08	1.58E-10	8.4E-12	1.74E-07	3.85E-10	2.05E-11
7.53E-11	4.01E-12	2	4.238E-08	9.34E-11	4.97E-12	5.25E-08	1.16E-10	6.17E-12
8.67E-11	4.62E-12	4	9.961E-08	2.18E-10	1.16E-11	2.51E-07	5.51E-10	2.93E-11
9.88E-11	5.26E-12	2	5.793E-08	1.26E-10	6.73E-12	7.41E-08	1.62E-10	8.62E-12
1.11E-10	5.94E-12	4	1.334E-07	2.9E-10	1.54E-11	3.47E-07	7.54E-10	4.01E-11
1.25E-10	6.64E-12	2	7.616E-08	1.65E-10	8.77E-12	1.01E-07	2.17E-10	1.16E-11
1.38E-10	7.37E-12	4	1.724E-07	3.71E-10	1.98E-11	4.62E-07	9.94E-10	5.29E-11
1.52E-10	8.11E-12	2	9.668E-08	2.07E-10	1.1E-11	1.31E-07	2.82E-10	1.5E-11
1.66E-10	8.85E-12	4	2.15E-07	4.58E-10	2.44E-11	5.94E-07	1.27E-09	6.74E-11
1.8E-10	9.57E-12	2	1.185E-07	2.51E-10	1.34E-11	1.66E-07	3.52E-10	1.87E-11
1.92E-10	1.03E-11	4	2.588E-07	5.47E-10	2.91E-11	7.35E-07	1.55E-09	8.27E-11
2.04E-10	1.09E-11	2	1.4E-07	2.94E-10	1.57E-11	2.02E-07	4.24E-10	2.26E-11
2.15E-10	1.14E-11	4	2.997E-07	6.27E-10	3.34E-11	8.75E-07	1.83E-09	9.75E-11
2.23E-10	1.19E-11	2	1.588E-07	3.31E-10	1.76E-11	2.35E-07	4.89E-10	2.61E-11

2.35E-10	1.25E-11	2	1.795E-07	3.67E-10	1.95E-11	2.8E-07	5.72E-10	3.05E-11
4.45E-10	1.24E-11	4	3.604E-07	1.41E-09	3.91E-11	1.14E-06	4.44E-09	1.23E-10
4.35E-10	1.21E-11	2	1.791E-07	6.96E-10	1.93E-11	2.87E-07	1.11E-09	3.09E-11
4.21E-10	1.17E-11	4	3.53E-07	1.36E-09	3.79E-11	1.14E-06	4.42E-09	1.23E-10
4.05E-10	1.12E-11	2	1.724E-07	6.64E-10	1.84E-11	2.83E-07	1.09E-09	3.02E-11
3.86E-10	1.07E-11	4	3.346E-07	1.28E-09	3.56E-11	1.11E-06	4.26E-09	1.18E-10
3.66E-10	1.02E-11	2	1.613E-07	6.15E-10	1.71E-11	2.71E-07	1.03E-09	2.87E-11
3.46E-10	9.6E-12	4	3.096E-07	1.18E-09	3.26E-11	1.05E-06	4E-09	1.11E-10
3.25E-10	9.03E-12	2	1.48E-07	5.59E-10	1.55E-11	2.55E-07	9.62E-10	2.67E-11
3.05E-10	8.47E-12	4	2.822E-07	1.06E-09	2.95E-11	9.82E-07	3.69E-09	1.03E-10
2.86E-10	7.94E-12	2	1.343E-07	5.03E-10	1.4E-11	2.36E-07	8.85E-10	2.46E-11
2.68E-10	7.44E-12	4	2.555E-07	9.53E-10	2.65E-11	9.1E-07	3.39E-09	9.42E-11
2.51E-10	6.97E-12	2	1.216E-07	4.51E-10	1.25E-11	2.19E-07	8.13E-10	2.26E-11
2.35E-10	6.53E-12	4	2.316E-07	8.56E-10	2.38E-11	8.43E-07	3.12E-09	8.66E-11
2.21E-10	6.14E-12	2	1.105E-07	4.07E-10	1.13E-11	2.03E-07	7.48E-10	2.08E-11
2.08E-10	5.78E-12	4	2.112E-07	7.74E-10	2.15E-11	7.86E-07	2.88E-09	7.99E-11
1.96E-10	5.45E-12	2	1.011E-07	3.69E-10	1.02E-11	1.9E-07	6.93E-10	1.93E-11
1.86E-10	5.15E-12	4	1.942E-07	7.05E-10	1.96E-11	7.38E-07	2.68E-09	7.44E-11
1.76E-10	4.89E-12	2	9.346E-08	3.38E-10	9.38E-12	1.79E-07	6.49E-10	1.8E-11
1.67E-10	4.65E-12	4	1.803E-07	6.49E-10	1.8E-11	7E-07	2.52E-09	6.99E-11
1.59E-10	4.43E-12	2	8.716E-08	3.12E-10	8.68E-12	1.71E-07	6.12E-10	1.7E-11
1.49E-10	4.23E-12	4	1.689E-07	1.16E-09	1.67E-11	6.69E-07	4.6E-09	6.63E-11
1.38E-10	4.04E-12	2	8.197E-08	5.62E-10	8.09E-12	1.64E-07	1.12E-09	1.62E-11
1.26E-10	3.88E-12	4	1.594E-07	1.09E-09	1.57E-11	6.44E-07	4.39E-09	6.33E-11
1.13E-10	3.72E-12	2	7.758E-08	5.27E-10	7.59E-12	1.58E-07	1.08E-09	1.55E-11
1.00E-10	3.58E-12	4	1.512E-07	1.02E-09	1.47E-11	6.23E-07	4.21E-09	6.07E-11
8.79E-11	3.44E-12	2	7.378E-08	4.97E-10	7.15E-12	1.53E-07	1.03E-09	1.49E-11

1.06E-10	5.28E-12	2	6.728E-08	4.45E-10	1.14E-11	1.45E-07	9.62E-10	2.46E-11
1.99E-10	5.09E-12	4	1.316E-07	8.67E-10	2.22E-11	5.74E-07	3.78E-09	9.68E-11
1.92E-10	4.92E-12	2	6.438E-08	4.22E-10	1.08E-11	1.42E-07	9.29E-10	2.38E-11
1.85E-10	4.75E-12	4	1.26E-07	8.23E-10	2.11E-11	5.59E-07	3.65E-09	9.35E-11
1.79E-10	4.58E-12	2	6.162E-08	4.01E-10	1.03E-11	1.38E-07	8.98E-10	2.3E-11
1.73E-10	4.42E-12	4	1.206E-07	7.81E-10	2E-11	5.45E-07	3.53E-09	9.04E-11
1.67E-10	4.27E-12	2	5.898E-08	3.81E-10	9.74E-12	1.34E-07	8.68E-10	2.22E-11
1.61E-10	4.13E-12	4	1.154E-07	7.41E-10	1.9E-11	5.31E-07	3.41E-09	8.73E-11
1.56E-10	3.98E-12	2	5.646E-08	3.61E-10	9.25E-12	1.31E-07	8.38E-10	2.14E-11
1.5E-10	3.85E-12	4	1.105E-07	7.04E-10	1.8E-11	5.17E-07	3.29E-09	8.43E-11
1.36E-10	3.72E-12	2	5.403E-08	7.92E-10	8.77E-12	1.28E-07	1.87E-09	2.07E-11
1.24E-10	3.59E-12	4	1.057E-07	1.54E-09	1.71E-11	5.03E-07	7.34E-09	8.14E-11
1.13E-10	3.47E-12	2	5.171E-08	7.51E-10	8.33E-12	1.24E-07	1.8E-09	2E-11
1.02E-10	3.35E-12	4	1.012E-07	1.46E-09	1.62E-11	4.9E-07	7.09E-09	7.85E-11
9.2E-10	3.24E-12	2	4.947E-08	7.13E-10	7.9E-12	1.21E-07	1.74E-09	1.93E-11
8.2E-10	3.13E-12	4	9.679E-08	1.39E-09	1.54E-11	4.76E-07	6.83E-09	7.57E-11
7.3E-10	3.02E-12	2	4.734E-08	6.77E-10	7.5E-12	1.17E-07	1.68E-09	1.86E-11
6.4E-10	2.92E-12	4	9.262E-08	1.32E-09	1.46E-11	4.63E-07	6.59E-09	7.3E-11
5.5E-10	2.82E-12	2	4.53E-08	6.42E-10	7.11E-12	1.14E-07	1.62E-09	1.79E-11
4.6E-10	2.73E-12	4	8.863E-08	1.25E-09	1.39E-11	4.5E-07	6.36E-09	7.04E-11
3.8E-10	2.64E-12	2	4.335E-08	6.09E-10	6.75E-12	1.11E-07	1.56E-09	1.73E-11
2.3E-10	2.55E-12	4	8.482E-08	1.19E-09	1.32E-11	4.38E-07	6.13E-09	6.79E-11
2.22E-10	2.47E-12	2	4.149E-08	5.78E-10	6.41E-12	1.08E-07	1.5E-09	1.67E-11
1.15E-10	2.38E-12	4	8.119E-08	1.13E-09	1.25E-11	4.25E-07	5.91E-09	6.55E-11
1.08E-10	2.31E-12	2	3.972E-08	5.49E-10	6.09E-12	1.05E-07	1.45E-09	1.61E-11
1.01E-10	2.23E-12	4	7.772E-08	1.07E-09	1.19E-11	4.13E-07	5.69E-09	6.31E-11
9.5E-10	2.16E-12	2	3.803E-08	5.22E-10	5.78E-12	1.02E-07	1.4E-09	1.55E-11

1.71E-10	1.89E-12	2	3.489E-08	4.71E-10	5.22E-12	9.63E-08	1.3E-09	1.44E-11
1.65E-10	4.12E-12	4	6.83E-08	9.18E-10	2.29E-11	3.8E-07	5.1E-09	1.27E-10
2.77E-10	3.99E-12	2	3.343E-08	7.75E-10	1.12E-11	9.36E-08	2.17E-09	3.12E-11
2.68E-10	3.86E-12	4	6.546E-08	1.51E-09	2.18E-11	3.69E-07	8.52E-09	1.23E-10
2.59E-10	3.74E-12	2	3.205E-08	7.37E-10	1.06E-11	9.1E-08	2.09E-09	3.01E-11
2.51E-10	3.62E-12	4	6.276E-08	1.44E-09	2.07E-11	3.59E-07	8.22E-09	1.18E-10
2.43E-10	3.5E-12	2	3.073E-08	7.01E-10	1.01E-11	8.85E-08	2.02E-09	2.91E-11
2.36E-10	3.39E-12	4	6.018E-08	1.37E-09	1.97E-11	3.49E-07	7.93E-09	1.14E-10
2.28E-10	3.29E-12	2	2.947E-08	6.67E-10	9.6E-12	8.61E-08	1.95E-09	2.8E-11
2.21E-10	3.19E-12	4	5.774E-08	1.3E-09	1.87E-11	3.39E-07	7.65E-09	1.1E-10
2.14E-10	3.09E-12	2	2.828E-08	6.35E-10	9.14E-12	8.37E-08	1.88E-09	2.71E-11
2.08E-10	2.99E-12	4	5.541E-08	1.24E-09	1.78E-11	3.3E-07	7.39E-09	1.06E-10
2.02E-10	2.9E-12	2	2.715E-08	6.05E-10	8.71E-12	8.14E-08	1.81E-09	2.61E-11
1.95E-10	2.81E-12	4	5.32E-08	1.18E-09	1.7E-11	3.21E-07	7.13E-09	1.03E-10
2.05E-10	2.73E-12	2	2.607E-08	6.23E-10	8.29E-12	7.92E-08	1.89E-09	2.52E-11
1.99E-10	2.65E-12	4	5.109E-08	1.22E-09	1.62E-11	3.13E-07	7.44E-09	9.91E-11
1.93E-10	2.57E-12	2	2.509E-08	5.94E-10	7.91E-12	7.73E-08	1.83E-09	2.43E-11
1.87E-10	2.49E-12	4	4.928E-08	1.16E-09	1.54E-11	3.06E-07	7.19E-09	9.57E-11
1.81E-10	2.42E-12	2	2.406E-08	5.66E-10	7.54E-12	7.51E-08	1.77E-09	2.35E-11
1.76E-10	2.34E-12	4	4.7E-08	1.11E-09	1.47E-11	2.95E-07	6.94E-09	9.25E-11
1.71E-10	2.28E-12	2	2.322E-08	5.4E-10	7.19E-12	7.34E-08	1.71E-09	2.27E-11
2.28E-10	2.21E-12	4	4.564E-08	1.45E-09	1.4E-11	2.9E-07	9.23E-09	8.93E-11
2.22E-10	2.14E-12	2	2.229E-08	7.09E-10	6.86E-12	7.13E-08	2.27E-09	2.2E-11
2.15E-10	2.08E-12	4	4.381E-08	1.39E-09	1.34E-11	2.82E-07	8.92E-09	8.63E-11
2.09E-10	2.02E-12	2	2.141E-08	6.77E-10	6.55E-12	6.94E-08	2.19E-09	2.12E-11
2.03E-10	2.76E-12	4	4.456E-08	1.32E-09	1.8E-11	2.91E-07	8.63E-09	1.18E-10
1.97E-10	2.69E-12	2	3.124E-08	6.47E-10	8.81E-12	1.02E-07	2.12E-09	2.89E-11

1.76E-10	2.39E-12	2	1.091E-07	5.91E-10	8.04E-12	3.66E-07	1.98E-09	2.7E-11
1.71E-10	2.33E-12	4	2.702E-07	1.15E-09	1.57E-11	1.83E-06	7.81E-09	1.06E-10
1.66E-10	2.26E-12	2	1.741E-07	5.65E-10	7.69E-12	5.92E-07	1.92E-09	2.62E-11
1.621E-10	2.2E-12	4	3.804E-07	2.2E-09	1.5E-11	2.6E-06	1.5E-08	1.03E-10
1.612E-10	2.14E-12	2	2.178E-07	1.07E-09	7.36E-12	7.49E-07	3.69E-09	2.53E-11
1.604E-10	2.08E-12	4	4.971E-07	2.1E-09	1.44E-11	3.44E-06	1.45E-08	9.96E-11
1.595E-10	2.02E-12	2	2.865E-07	1.03E-09	7.04E-12	9.97E-07	3.58E-09	2.45E-11
1.587E-10	1.97E-12	4	6.306E-07	2.01E-09	1.38E-11	4.41E-06	1.41E-08	9.65E-11
1.579E-10	1.92E-12	2	3.547E-07	9.84E-10	6.74E-12	1.25E-06	3.46E-09	2.37E-11
1.572E-10	1.86E-12	4	7.647E-07	2.35E-09	1.32E-11	5.41E-06	1.66E-08	9.34E-11
1.563E-10	1.81E-12	2	4.299E-07	1.15E-09	6.46E-12	1.53E-06	4.09E-09	2.3E-11
1.556E-10	2.23E-12	4	9.318E-07	3.83E-09	1.6E-11	6.67E-06	2.75E-08	1.14E-10
1.548E-10	2.17E-12	2	4.746E-07	1.88E-09	7.81E-12	1.71E-06	6.76E-09	2.81E-11
1.54E-10	2.67E-12	4	1.23E-06	3.73E-09	1.94E-11	8.91E-06	2.7E-08	1.4E-10
1.531E-10	2.6E-12	2	7.248E-07	1.86E-09	9.48E-12	2.64E-06	6.76E-09	3.45E-11
1.523E-10	3.13E-12	4	1.681E-06	3.7E-09	2.29E-11	1.23E-05	2.7E-08	1.68E-10
1.515E-10	3.05E-12	2	8.03E-07	1.81E-09	1.12E-11	2.96E-06	6.66E-09	4.13E-11
1.507E-10	2.41E-12	4	1.534E-06	3.49E-09	1.78E-11	1.13E-05	2.58E-08	1.32E-10
1.499E-10	2.34E-12	2	6.166E-07	1.71E-09	8.72E-12	2.29E-06	6.36E-09	3.24E-11
1.491E-10	1.8E-12	4	9.703E-07	3.29E-09	1.35E-11	7.26E-06	2.46E-08	1.01E-10
1.483E-10	1.76E-12	2	3.716E-07	1.61E-09	6.61E-12	1.4E-06	6.07E-09	2.48E-11
1.475E-10	1.71E-12	4	4.227E-07	3.11E-09	1.29E-11	3.2E-06	2.35E-08	9.79E-11
1.467E-10	1.28E-12	2	9.788E-08	1.52E-09	4.86E-12	3.72E-07	5.79E-09	1.85E-11
1.459E-10	1.25E-12	4	5.707E-08	2.94E-09	9.52E-12	4.36E-07	2.25E-08	7.27E-11
1.451E-10	1.21E-12	2	1.193E-08	1.44E-09	4.66E-12	4.58E-08	5.53E-09	1.79E-11
1.443E-10	9.9E-13	4	2.057E-08	1.29E-09	7.64E-12	1.59E-07	9.92E-09	5.9E-11
1.435E-10	9.65E-13	2	9.482E-09	6.3E-10	3.75E-12	3.68E-08	2.44E-09	1.45E-11

7.94E-11	8.74E-13	2	8.598E-09	3.14E-10	3.46E-12	3.4E-08	1.24E-09	1.37E-11
7.75E-11	8.53E-13	4	1.676E-08	6.17E-10	6.79E-12	1.33E-07	4.91E-09	5.4E-11
5.71E-11	8.32E-13	2	8.165E-09	2.28E-10	3.33E-12	3.27E-08	9.13E-10	1.33E-11
5.57E-11	7.04E-13	4	1.592E-08	4.48E-10	5.66E-12	1.28E-07	3.6E-09	4.55E-11
2.65E-11	6.87E-13	2	7.756E-09	1.07E-10	2.78E-12	3.13E-08	4.32E-10	1.12E-11
2.59E-11	6.71E-13	4	1.512E-08	2.1E-10	5.45E-12	1.23E-07	1.7E-09	4.42E-11
2.52E-11	6.55E-13	2	7.37E-09	1.03E-10	2.67E-12	3.01E-08	4.2E-10	1.09E-11
2.46E-11	6.39E-13	4	1.446E-08	2.02E-10	5.24E-12	1.19E-07	1.66E-09	4.3E-11
1.19E-11	6.24E-13	2	7.049E-09	4.9E-11	2.57E-12	2.9E-08	2.02E-10	1.06E-11
1.16E-11	6.1E-13	4	1.375E-08	9.61E-11	5.05E-12	1.14E-07	7.95E-10	4.18E-11
1.13E-11	5.95E-13	2	6.702E-09	4.71E-11	2.48E-12	2.79E-08	1.96E-10	1.03E-11
1.11E-11	5.82E-13	4	1.296E-08	9.25E-11	4.86E-12	1.08E-07	7.74E-10	4.06E-11
1.08E-11	5.02E-13	2	6.318E-09	4.54E-11	2.11E-12	2.65E-08	1.91E-10	8.85E-12
1.06E-11	4.83E-13	4	1.232E-08	8.92E-11	4.08E-12	1.04E-07	7.52E-10	3.44E-11
1.85E-12	4.65E-13	2	6.005E-09	7.83E-12	1.97E-12	2.55E-08	3.32E-11	8.36E-12
1.81E-12	4.48E-13	4	1.171E-08	1.54E-11	3.82E-12	9.98E-08	1.31E-10	3.25E-11
1.76E-12	4.31E-13	2	5.71E-09	7.55E-12	1.85E-12	2.44E-08	3.23E-11	7.9E-12
1.72E-12	4.22E-13	4	1.114E-08	1.48E-11	3.63E-12	9.58E-08	1.28E-10	3.12E-11
1.69E-12	4.12E-13	2	5.43E-09	7.28E-12	1.78E-12	2.35E-08	3.14E-11	7.69E-12
1.65E-12	4.03E-13	4	1.059E-08	1.43E-11	3.5E-12	9.19E-08	1.24E-10	3.04E-11
1.08E-12	3.94E-13	2	5.165E-09	4.7E-12	1.72E-12	2.25E-08	2.05E-11	7.49E-12
1.05E-12	3.85E-13	4	1.007E-08	9.23E-12	3.37E-12	8.83E-08	8.09E-11	2.96E-11
1.03E-12	3.44E-13	2	4.914E-09	4.53E-12	1.51E-12	2.16E-08	2E-11	6.66E-12
1.01E-12	3.36E-13	4	9.586E-09	8.91E-12	2.97E-12	8.47E-08	7.88E-11	2.63E-11
9.86E-13	3.29E-13	2	4.676E-09	4.38E-12	1.46E-12	2.08E-08	1.94E-11	6.49E-12
9.64E-13	3.22E-13	4	9.123E-09	8.6E-12	2.87E-12	8.14E-08	7.67E-11	2.56E-11
9.43E-13	3.15E-13	2	4.45E-09	4.23E-12	1.41E-12	1.99E-08	1.89E-11	6.32E-12

3.64E-13	2.67E-13	2	4.033E-09	3.94E-12	1.22E-12	1.84E-08	1.8E-11	5.55E-12
3.46E-13	2.61E-13	4	7.872E-09	7.75E-12	2.39E-12	7.21E-08	7.1E-11	2.19E-11
3.28E-13	2.55E-13	2	3.841E-09	3.81E-12	1.18E-12	1.77E-08	1.75E-11	5.41E-12
3.1E-13	2.5E-13	4	7.497E-09	7.49E-12	2.31E-12	6.93E-08	6.92E-11	2.14E-11
2.93E-13	2.45E-13	2	3.658E-09	3.68E-12	1.14E-12	1.7E-08	1.71E-11	5.27E-12
2.76E-13	2.4E-13	4	7.141E-09	7.24E-12	2.23E-12	6.66E-08	6.74E-11	2.08E-11
2.601E-13	2.35E-13	2	3.485E-09	2.81E-12	1.1E-12	1.63E-08	1.32E-11	5.14E-12
2.588E-13	1.94E-13	4	6.803E-09	5.53E-12	1.83E-12	6.39E-08	5.2E-11	1.72E-11
2.576E-13	1.9E-13	2	3.32E-09	2.72E-12	8.99E-13	1.57E-08	1.28E-11	4.24E-12
2.564E-13	1.8E-13	4	6.482E-09	5.35E-12	1.71E-12	6.14E-08	5.07E-11	1.62E-11
2.552E-13	1.73E-13	2	3.164E-09	2.63E-12	8.25E-13	1.51E-08	1.25E-11	3.93E-12
2.541E-13	1.67E-13	4	6.177E-09	5.17E-12	1.59E-12	5.91E-08	4.95E-11	1.52E-11
2.53E-13	1.6E-13	2	3.015E-09	2.54E-12	7.7E-13	1.45E-08	1.22E-11	3.69E-12
2.519E-13	1.57E-13	4	5.888E-09	5.01E-12	1.51E-12	5.68E-08	4.83E-11	1.46E-11
2.509E-13	1.54E-13	2	2.874E-09	2.46E-12	7.45E-13	1.39E-08	1.19E-11	3.6E-12
2.498E-13	1.51E-13	4	5.612E-09	4.84E-12	1.47E-12	5.46E-08	4.71E-11	1.42E-11
2.488E-13	1.48E-13	2	2.74E-09	2.38E-12	7.21E-13	1.34E-08	1.16E-11	3.52E-12
2.479E-13	1.45E-13	4	5.351E-09	4.69E-12	1.42E-12	5.24E-08	4.6E-11	1.39E-11
2.469E-13	1.42E-13	2	2.612E-09	2.31E-12	6.98E-13	1.29E-08	1.14E-11	3.43E-12
2.46E-13	1.39E-13	4	5.102E-09	4.54E-12	1.37E-12	5.04E-08	4.49E-11	1.36E-11
2.451E-13	1.36E-13	2	2.491E-09	2.24E-12	6.76E-13	1.24E-08	1.11E-11	3.35E-12
2.442E-13	1.34E-13	4	4.865E-09	4.4E-12	1.33E-12	4.85E-08	4.38E-11	1.33E-11
2.433E-13	1.08E-13	2	2.376E-09	2.17E-12	5.41E-13	1.19E-08	1.08E-11	2.71E-12
2.425E-13	5.97E-14	4	4.64E-09	4.26E-12	5.99E-13	4.66E-08	4.28E-11	6.02E-12
2.416E-13	5.85E-14	2	2.266E-09	2.1E-12	2.95E-13	1.14E-08	1.06E-11	1.49E-12
2.408E-13	5.74E-14	4	4.426E-09	4.13E-12	5.81E-13	4.48E-08	4.18E-11	5.88E-12
2.406E-13	5.63E-14	2	2.162E-09	1.56E-12	2.86E-13	1.1E-08	7.91E-12	1.45E-12

2.84E-13	5.21E-14	2	1.967E-09	1.46E-12	2.69E-13	1.02E-08	7.55E-12	1.39E-12
2.78E-13	5.11E-14	4	3.844E-09	2.88E-12	5.29E-13	3.98E-08	2.99E-11	5.48E-12
2.73E-13	5.01E-14	2	1.877E-09	1.42E-12	2.61E-13	9.76E-09	7.38E-12	1.36E-12
2.68E-13	4.92E-14	4	3.668E-09	2.8E-12	5.14E-13	3.83E-08	2.92E-11	5.36E-12
2.63E-13	4.83E-14	2	1.792E-09	1.38E-12	2.53E-13	9.39E-09	7.21E-12	1.33E-12
2.58E-13	4.74E-14	4	3.5E-09	2.71E-12	4.98E-13	3.68E-08	2.85E-11	5.24E-12
2.53E-13	4.65E-14	2	1.71E-09	1.34E-12	2.45E-13	9.03E-09	7.05E-12	1.3E-12
2.48E-13	4.56E-14	4	3.341E-09	2.63E-12	4.83E-13	3.54E-08	2.79E-11	5.12E-12
2.44E-13	4.48E-14	2	1.632E-09	1.3E-12	2.38E-13	8.68E-09	6.9E-12	1.27E-12
2.39E-13	4.39E-14	4	3.189E-09	2.56E-12	4.69E-13	3.41E-08	2.73E-11	5.01E-12
2.35E-13	4.31E-14	2	1.558E-09	1.26E-12	2.31E-13	8.35E-09	6.75E-12	1.24E-12
2.31E-13	4.23E-14	4	3.044E-09	2.48E-12	4.56E-13	3.28E-08	2.67E-11	4.9E-12
2.26E-13	1.85E-14	2	1.487E-09	1.22E-12	9.98E-14	8.03E-09	6.6E-12	5.39E-13
2.22E-13	1.81E-14	4	2.906E-09	2.41E-12	1.97E-13	3.15E-08	2.61E-11	2.13E-12
2.18E-13	1.78E-14	2	1.42E-09	1.19E-12	9.69E-14	7.72E-09	6.46E-12	5.27E-13
2.14E-13	1.75E-14	4	2.774E-09	2.34E-12	1.91E-13	3.03E-08	2.55E-11	2.09E-12
2.1E-13	1.72E-14	2	1.355E-09	1.15E-12	9.41E-14	7.43E-09	6.32E-12	5.16E-13
2.07E-13	1.69E-14	4	2.648E-09	2.27E-12	1.86E-13	2.91E-08	2.5E-11	2.04E-12
2.03E-13	1.66E-14	2	1.294E-09	1.12E-12	9.14E-14	7.14E-09	6.18E-12	5.05E-13
1.99E-13	1.63E-14	4	2.529E-09	2.21E-12	1.8E-13	2.8E-08	2.45E-11	2E-12
1.96E-13	1.6E-14	2	1.235E-09	1.09E-12	8.89E-14	6.87E-09	6.05E-12	4.94E-13
1.92E-13	1.57E-14	4	2.414E-09	2.15E-12	1.75E-13	2.69E-08	2.39E-11	1.96E-12
1.89E-13	1.54E-14	2	1.18E-09	1.06E-12	8.64E-14	6.61E-09	5.92E-12	4.84E-13
1.86E-13	1.51E-14	4	2.305E-09	2.09E-12	1.7E-13	2.59E-08	2.34E-11	1.91E-12
1.84E-13	1.49E-14	2	1.126E-09	7.56E-13	8.39E-14	6.35E-09	4.26E-12	4.73E-13
1.82E-13	1.46E-14	4	2.201E-09	1.49E-12	1.66E-13	2.49E-08	1.69E-11	1.87E-12
1.79E-13	1.44E-14	2	1.076E-09	7.35E-13	8.16E-14	6.11E-09	4.17E-12	4.64E-13

1.21E-13	1.34E-14	2	9.809E-10	6.95E-13	7.72E-14	5.65E-09	4E-12	4.45E-13
1.19E-13	1.32E-14	4	1.917E-09	1.37E-12	1.52E-13	2.22E-08	1.58E-11	1.76E-12
1.17E-13	1.3E-14	2	9.367E-10	6.76E-13	7.51E-14	5.43E-09	3.92E-12	4.36E-13
1.15E-13	1.27E-14	4	1.831E-09	1.33E-12	1.48E-13	2.13E-08	1.55E-11	1.72E-12
1.13E-13	3.13E-15	2	8.945E-10	6.58E-13	1.83E-14	5.22E-09	3.84E-12	1.07E-13
1.11E-13	3.08E-15	4	1.748E-09	1.3E-12	3.61E-14	2.05E-08	1.52E-11	4.23E-13
1.09E-13	3.02E-15	2	8.542E-10	6.4E-13	1.78E-14	5.02E-09	3.76E-12	1.05E-13
1.07E-13	2.97E-15	4	1.67E-09	1.26E-12	3.51E-14	1.97E-08	1.49E-11	4.14E-13
1.05E-13	2.92E-15	2	8.002E-10	6.23E-13	1.73E-14	4.74E-09	3.69E-12	1.02E-13
1.04E-13	2.88E-15	4	1.579E-09	1.23E-12	3.42E-14	1.88E-08	1.46E-11	4.06E-13
4.52E-14	2.83E-15	2	7.791E-10	2.7E-13	1.69E-14	4.64E-09	1.61E-12	1E-13
4.45E-14	2.78E-15	4	1.537E-09	5.32E-13	3.33E-14	1.84E-08	6.36E-12	3.98E-13
4.38E-14	2.74E-15	1	3.793E-10	1.31E-13	8.21E-15	1.14E-09	3.94E-13	2.46E-14
$\Sigma =$			2.651E-05	1.41E-07	2.06E-09	0.000128	6.9E-07	8.68E-09
$m0 =$			8.836E-08	4.69E-10	6.88E-12	4.27E-07	2.3E-09	2.89E-11

Nilai extreme displacement yang mungkin terjadi :

Displacement	X	Y	Z
$\zeta_{n\alpha} (1\%)$	0.0015065	0.00011	1.33E-05
$\zeta_{n\alpha} (5\%)$	0.0014089	0.000103	1.24E-05
$\zeta_n (62.3\%)$	0.0012065	8.79E-05	1.06E-05

**NILAI EKSTREM TEGANGAN
STRUKTUR HANG TUAH MOgPU
DENGAN PROBABILITAS 62.3%, PELUANG
TERLAMPAUI 1% DAN 5%**

ITUNGAN RESPON (STRESS) EXTREME YANG MUNGKIN TERJADI PADA KONDISI OPERASIONAL

$$\hat{s}_{na} = \left[2 \ln \left\{ \frac{60^2 T}{2 \Pi \alpha} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \right\} \right]^{1/2} \sqrt{m_0}$$

3Jam

1% dan 5% : Peluang terlampaui yang diambil pada saat perancangan

$$\int_0^{\infty} S(\omega) d\omega$$

$$\int_0^{\infty} \omega^2 S(\omega) d\omega$$

Wave Direction : West

	ω	$S_R(\omega)$	FS	$\Sigma m0$	$\Sigma m2$
1	0	0	1	0	0
2	0.01	0	4	0	0
3	0.02	0	2	0	0
4	0.03	0	4	0	0
5	0.04	0	2	0	0
6	0.05	0	4	0	0
7	0.06	0	2	0	0
8	0.07	0	4	0	0
9	0.08	0	2	0	0
10	0.09	0	4	0	0
11	0.1	0	2	0	0
12	0.11	0	4	0	0
13	0.12	0	2	0	0
14	0.13	0	4	0	0
15	0.14	0	2	0	0
16	0.15	0	4	0	0
17	0.16	0	2	0	0
18	0.17	0	4	0	0
19	0.18	0	2	0	0
20	0.19	0	4	0	0
21	0.2	0	2	0	0

34	0.33	1.12E-82	4	1.47371E-82	1.945E-82
35	0.34	1.01E-71	2	6.87228E-72	4.673E-72
36	0.35	2.85E-62	4	3.9964E-62	5.595E-62
37	0.36	4.38E-54	2	3.15366E-54	2.271E-54
38	0.37	5.75E-47	4	8.50642E-47	1.259E-46
39	0.38	9.37E-41	2	7.12113E-41	5.412E-41
40	0.39	2.58E-35	4	4.03218E-35	6.29E-35
41	0.4	1.56E-30	2	1.24792E-30	9.983E-31
42	0.41	2.55E-26	4	4.1863E-26	6.866E-26
43	0.42	1.36E-22	2	1.13917E-22	9.569E-23
44	0.43	2.72E-19	4	4.68289E-19	8.055E-19
45	0.44	2.35E-16	2	2.06676E-16	1.819E-16
46	0.45	9.71E-14	4	1.74758E-13	3.146E-13
47	0.46	2.11E-11	2	1.94204E-11	1.787E-11
48	0.47	2.61E-09	4	4.91432E-09	9.239E-09
49	0.48	1.97E-07	2	1.89509E-07	1.819E-07
50	0.49	9.64E-06	4	1.89001E-05	3.704E-05
51	0.5	0.000321	2	0.000320592	0.0003206
52	0.51	0.007581	4	0.015465771	0.0315502
53	0.52	0.132502	2	0.137801809	0.1433139
54	0.53	1.769699	4	3.751761687	7.9537348
55	0.54	18.59734	2	20.08512332	21.691933
56	0.55	157.7539	4	347.0585858	763.52889
57	0.56	1104.686	2	1237.248839	1385.7187
58	0.57	6514.258	4	14852.5089	33863.72
59	0.58	32910.88	2	38176.6245	44284.884
60	0.59	144677.3	4	341438.3142	805794.42
61	0.6	561023.1	2	673227.7117	807873.25
62	0.61	1942448	4	4739573.974	11564560
63	0.62	6070070	2	7526886.999	9333339.9
64	0.63	17285886	4	43560431.98	109772289
65	0.64	45245432	2	57914153.33	74130116
66	0.65	1.1E+08	4	285203617.7	741529406
67	0.66	2.48E+08	2	327400206.6	432168273
68	0.67	5.26E+08	4	1410478975	3.78E+09
69	0.68	1.05E+09	2	1433236844	1.949E+09
70	0.69	2E+09	4	5523743704	1.525E+10

83	0.82	3.3E+11	2	5.40479E+11	8.864E+11
84	0.83	4.14E+11	4	1.37539E+12	4.566E+12
85	0.84	5.13E+11	2	8.61915E+11	1.448E+12
86	0.85	6.27E+11	4	2.13075E+12	7.245E+12
87	0.86	7.56E+11	2	1.30013E+12	2.236E+12
88	0.87	9.01E+11	4	3.13609E+12	1.091E+13
89	0.88	1.06E+12	2	1.87082E+12	3.293E+12
90	0.89	1.24E+12	4	4.41991E+12	1.573E+13
91	0.9	1.44E+12	2	2.58681E+12	4.656E+12
92	0.91	1.65E+12	4	6.00517E+12	2.186E+13
93	0.92	1.88E+12	2	3.4584E+12	6.363E+12
94	0.93	2.13E+12	4	7.9105E+12	2.943E+13
95	0.94	2.39E+12	2	4.49407E+12	8.449E+12
96	0.95	2.67E+12	4	1.01514E+13	3.858E+13
97	0.96	2.97E+12	2	5.70095E+12	1.095E+13
98	0.97	3.28E+12	4	1.27409E+13	4.943E+13
99	0.98	3.61E+12	2	7.08467E+12	1.389E+13
00	0.99	3.96E+12	4	1.56879E+13	6.212E+13
01	1	4.32E+12	2	8.64826E+12	1.73E+13
02	1.01	4.7E+12	4	1.89945E+13	7.674E+13
03	1.02	5.09E+12	2	1.039E+13	2.12E+13
04	1.03	5.5E+12	4	2.26499E+13	9.332E+13
05	1.04	5.91E+12	2	1.22999E+13	2.558E+13
06	1.05	6.34E+12	4	2.66235E+13	1.118E+14
07	1.06	6.77E+12	2	1.43562E+13	3.044E+13
08	1.07	7.21E+12	4	3.0856E+13	1.321E+14
09	1.08	7.65E+12	2	1.65206E+13	3.568E+13
10	1.09	8.09E+12	4	3.52527E+13	1.537E+14
11	1.1	8.52E+12	2	1.87361E+13	4.122E+13
12	1.11	8.94E+12	4	3.96795E+13	1.762E+14
13	1.12	9.34E+12	2	2.0926E+13	4.687E+13
14	1.13	9.73E+12	4	4.39653E+13	1.987E+14
15	1.14	1.01E+13	2	2.29972E+13	5.243E+13
16	1.15	1.04E+13	4	4.79135E+13	2.204E+14
17	1.16	1.07E+13	2	2.48484E+13	5.765E+13
18	1.17	1.1E+13	4	5.13205E+13	2.402E+14
19	1.18	1.12E+13	2	2.6381E+13	6.226E+13

32	1.31	9.93E+12	4	5.20242E+13	2.726E+14
33	1.32	9.62E+12	2	2.54067E+13	6.707E+13
34	1.33	9.31E+12	4	4.95374E+13	2.635E+14
35	1.34	9E+12	2	2.41087E+13	6.461E+13
36	1.35	8.68E+12	4	4.68726E+13	2.531E+14
37	1.36	8.37E+12	2	2.27601E+13	6.191E+13
38	1.37	8.06E+12	4	4.41753E+13	2.421E+14
39	1.38	7.76E+12	2	2.14254E+13	5.913E+13
40	1.39	7.47E+12	4	4.15572E+13	2.311E+14
41	1.4	7.2E+12	2	2.01516E+13	5.642E+13
42	1.41	6.93E+12	4	3.90951E+13	2.205E+14
43	1.42	6.68E+12	2	1.8969E+13	5.387E+13
44	1.43	6.44E+12	4	3.68349E+13	2.107E+14
45	1.44	6.21E+12	2	1.78938E+13	5.153E+13
46	1.45	6E+12	4	3.4797E+13	2.018E+14
47	1.46	5.8E+12	2	1.69313E+13	4.944E+13
48	1.47	5.61E+12	4	3.29832E+13	1.939E+14
49	1.48	5.43E+12	2	1.60786E+13	4.759E+13
50	1.49	5.27E+12	4	3.13822E+13	1.87E+14
51	1.5	5.11E+12	2	1.53278E+13	4.598E+13
52	1.51	4.96E+12	4	2.99748E+13	1.81E+14
53	1.52	4.83E+12	2	1.46683E+13	4.459E+13
54	1.53	4.7E+12	4	2.87379E+13	1.759E+14
55	1.54	4.58E+12	2	1.41162E+13	4.348E+13
56	1.55	4.48E+12	4	2.77582E+13	1.721E+14
57	1.56	4.35E+12	2	1.35759E+13	4.236E+13
58	1.57	4.23E+12	4	2.65776E+13	1.669E+14
59	1.58	4.17E+12	2	1.31702E+13	4.162E+13
60	1.59	4.08E+12	4	2.59669E+13	1.651E+14
61	1.6	3.98E+12	2	1.27314E+13	4.074E+13
62	1.61	3.9E+12	4	2.51264E+13	1.618E+14
63	1.62	3.81E+12	2	1.23303E+13	3.995E+13
64	1.63	3.96E+12	4	2.579E+13	1.682E+14
65	1.64	5.54E+12	2	1.81683E+13	5.959E+13
66	1.65	8.29E+12	4	5.4729E+13	3.612E+14
67	1.66	1.15E+13	2	3.82301E+13	1.269E+14
68	1.67	1.52E+13	4	1.01351E+14	6.77E+14

181	1.8	8.33E+13	2	2.99755E+14	1.079E+15
182	1.81	1.08E+14	4	7.80565E+14	5.651E+15
183	1.82	1.27E+14	2	4.61863E+14	1.681E+15
184	1.83	1.47E+14	4	1.07612E+15	7.877E+15
185	1.84	1.4E+14	2	5.16139E+14	1.899E+15
186	1.85	1.34E+14	4	9.89904E+14	7.325E+15
187	1.86	1.07E+14	2	3.99542E+14	1.486E+15
188	1.87	8.44E+13	4	6.31231E+14	4.722E+15
189	1.88	6.45E+13	2	2.42681E+14	9.125E+14
190	1.89	3.67E+13	4	2.77074E+14	2.095E+15
191	1.9	1.69E+13	2	6.43933E+13	2.447E+14
192	1.91	4.93E+12	4	3.76805E+13	2.879E+14
193	1.92	2.06E+12	2	7.90359E+12	3.035E+13
194	1.93	1.77E+12	4	1.36727E+13	1.056E+14
195	1.94	1.63E+12	2	6.32402E+12	2.454E+13
196	1.95	1.58E+12	4	1.23611E+13	9.642E+13
197	1.96	1.54E+12	2	6.04028E+12	2.368E+13
198	1.97	1.5E+12	4	1.18063E+13	9.303E+13
199	1.98	1.47E+12	2	5.80539E+12	2.299E+13
200	1.99	1.43E+12	4	1.13472E+13	9.032E+13
201	2	1.39E+12	2	5.5448E+12	2.218E+13
202	2.01	1.35E+12	4	1.08378E+13	8.714E+13
203	2.02	1.31E+12	2	5.29583E+12	2.14E+13
204	2.03	1.27E+12	4	1.03511E+13	8.405E+13
205	2.04	1.24E+12	2	5.05802E+12	2.064E+13
206	2.05	1.21E+12	4	9.9498E+12	8.159E+13
207	2.06	1.18E+12	2	4.86204E+12	2.003E+13
208	2.07	1.15E+12	4	9.50352E+12	7.869E+13
209	2.08	1.12E+12	2	4.644E+12	1.932E+13
210	2.09	1.08E+12	4	9.0017E+12	7.525E+13
211	2.1	1.05E+12	2	4.39752E+12	1.847E+13
212	2.11	1.02E+12	4	8.59317E+12	7.253E+13
213	2.12	9.9E+11	2	4.19799E+12	1.78E+13
214	2.13	9.63E+11	4	8.20338E+12	6.989E+13
215	2.14	9.36E+11	2	4.00763E+12	1.715E+13
216	2.15	9.11E+11	4	7.8315E+12	6.735E+13
217	2.16	8.86E+11	2	3.82601E+12	1.652E+13

230	2.29	6.19E+11	4	5.66638E+12	5.19E+13
231	2.3	6.02E+11	2	2.7687E+12	1.274E+13
232	2.31	5.86E+11	4	5.41143E+12	5E+13
233	2.32	5.7E+11	2	2.6442E+12	1.227E+13
234	2.33	5.55E+11	4	5.16822E+12	4.817E+13
235	2.34	5.4E+11	2	2.52542E+12	1.182E+13
236	2.35	5.25E+11	4	4.9362E+12	4.64E+13
237	2.36	5.11E+11	2	2.41211E+12	1.139E+13
238	2.37	4.97E+11	4	4.71484E+12	4.47E+13
239	2.38	4.84E+11	2	2.304E+12	1.097E+13
240	2.39	4.71E+11	4	4.50365E+12	4.305E+13
241	2.4	4.59E+11	2	2.20085E+12	1.056E+13
242	2.41	4.46E+11	4	4.30213E+12	4.147E+13
243	2.42	4.34E+11	2	2.10243E+12	1.018E+13
244	2.43	4.23E+11	4	4.10985E+12	3.995E+13
245	2.44	4.12E+11	2	2.00851E+12	9.802E+12
246	2.45	4.01E+11	4	3.92635E+12	3.848E+13
247	2.46	3.9E+11	2	1.91889E+12	9.441E+12
248	2.47	3.8E+11	4	3.75123E+12	3.706E+13
249	2.48	3.7E+11	2	1.83335E+12	9.093E+12
250	2.49	3.6E+11	4	3.58409E+12	3.57E+13
251	2.5	3.5E+11	2	1.7517E+12	8.758E+12
252	2.51	3.41E+11	4	3.42456E+12	3.438E+13
253	2.52	3.32E+11	2	1.67376E+12	8.436E+12
254	2.53	3.23E+11	4	3.27227E+12	3.312E+13
255	2.54	3.15E+11	2	1.59937E+12	8.125E+12
256	2.55	3.07E+11	4	3.12688E+12	3.189E+13
257	2.56	2.99E+11	2	1.52834E+12	7.825E+12
258	2.57	2.91E+11	4	2.98807E+12	3.072E+13
259	2.58	2.83E+11	2	1.46052E+12	7.536E+12
260	2.59	2.76E+11	4	2.85553E+12	2.958E+13
261	2.6	2.68E+11	2	1.39576E+12	7.258E+12
262	2.61	2.61E+11	4	2.72896E+12	2.849E+13
263	2.62	2.55E+11	2	1.33391E+12	6.99E+12
264	2.63	2.48E+11	4	2.60809E+12	2.744E+13
265	2.64	2.41E+11	2	1.27485E+12	6.731E+12
266	2.65	2.35E+11	4	2.48264E+12	2.642E+13

79	2.78	1.67E+11	2	9.29058E+11	5.166E+12
80	2.79	1.63E+11	4	1.81663E+12	2.027E+13
81	2.8	1.59E+11	2	8.88039E+11	4.973E+12
82	2.81	1.54E+11	4	1.73643E+12	1.952E+13
83	2.82	1.51E+11	2	8.48832E+11	4.787E+12
84	2.83	1.47E+11	4	1.65976E+12	1.879E+13
85	2.84	1.43E+11	2	8.11354E+11	4.608E+12
86	2.85	1.39E+11	4	1.58648E+12	1.809E+13
87	2.86	1.36E+11	2	7.75524E+11	4.436E+12
88	2.87	1.32E+11	4	1.51641E+12	1.741E+13
89	2.88	1.29E+11	2	7.41269E+11	4.27E+12
90	2.89	1.25E+11	4	1.44942E+12	1.676E+13
91	2.9	1.22E+11	2	7.08516E+11	4.109E+12
92	2.91	1.19E+11	4	1.38536E+12	1.613E+13
93	2.92	1.16E+11	2	6.77197E+11	3.955E+12
94	2.93	1.13E+11	4	1.32411E+12	1.552E+13
95	2.94	1.1E+11	2	6.47246E+11	3.806E+12
96	2.95	1.07E+11	4	1.26553E+12	1.493E+13
97	2.96	1.02E+11	2	6.06786E+11	3.592E+12
98	2.97	1.01E+11	4	1.19787E+12	1.423E+13
99	2.98	9.92E+10	2	5.91207E+11	3.524E+12
100	2.99	9.76E+10	4	1.1672E+12	1.396E+13
101	3	9.6E+10	1	2.88057E+11	8.642E+11
$\Sigma =$				1.14686E+16	6.635E+16
$\Sigma m =$				3.82287E+13	2.212E+14

Nilai extreme stress yang mungkin terjadi :

STRESS EXTREME	VALUE
$\zeta_{n\alpha} (1\%)$	3.1445E+07
$\zeta_{n\alpha} (5\%)$	2.9423E+07
$\zeta_n (62.3\%)$	2.5232E+07